

**ESTUDIO BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DEL MUCILAGO
DE *ALOE VERA* Y DE FERTILIDAD DEL SUELO DE UN CULTIVO UBICADO
EN EL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA DEL DEPARTAMENTO DE
RISARALDA, COLOMBIA.**

JAZMIN VANESSA LOPEZ RODRIGUEZ

**DIRECTORA
GLORIA EDITH GUERRERO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
TECNOLOGIA QUIMICA
PEREIRA
2014**

**ESTUDIO BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DEL MUCILAGO
DE *ALOE VERA* Y DE FERTILIDAD DEL SUELO DE UN CULTIVO UBICADO
EN EL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA DEL DEPARTAMENTO DE
RISARALDA, COLOMBIA.**

**Presentado por:
JAZMÍN VANESSA LÓPEZ RODRÍGUEZ
COD. 1088296097**

**TRABAJO DE GRADO
Requisito final para optar al título de Tecnóloga Química**

**Director:
GLORIA EDITH GUERRERO
DR. CIENCIAS QUIMICAS**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
TECNOLOGIA QUIMICA
PEREIRA
2014**

NOTA DE ACEPTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ESTUDIO BROMATOLÓGICO Y MICROBIOLÓGICO DEL MUCILAGO DE *ALOE VERA* Y DE FERTILIDAD DEL SUELO DE UN CULTIVO UBICADO EN EL MUNICIPIO DE BELÉN DE UMBRÍA DEL DEPARTAMENTO DE RISARALDA, COLOMBIA.

Presentado por:
JAZMÍN VANESSA LÓPEZ RODRÍGUEZ

Los suscritos director y jurado del presente trabajo de grado, una vez realizada la versión escrita y presenciado la sustentación oral, decidimos otorgar la nota de:

Con la connotación: _____

Para constancia firmamos en la ciudad de Pereira hoy: _____

Director:

GLORIA EDITH GUERRERO

Jurado:

Hoy le doy toda la gloria a mi Papá, Dios, porque gracias a Él pude realizar este proyecto, el me dio la inteligencia, sabiduría y fortaleza para hacerlo posible y es por eso que dedico mi trabajo de grado a mi precioso Dios, ya que fue por él y para él este logro que culminó hoy. Estoy totalmente convencida que mis sueños no terminan hoy, sino que él, en su infinita misericordia me ayudará a culminar los demás planes que tiene para mí.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, porque hoy me siento más humana y más preparada para salir al mundo, y aunque hubo momentos difíciles en los cuales no deseaba seguir, doy gracias a él, pues él fue el único que estuvo ahí y que me brindó de su fortaleza para seguir adelante.

También agradezco a mis padres, porque siempre me apoyaron y me ayudaron en este proceso de aprendizaje.

Agradezco finalmente a todo aquel que me colaboró y ayudó en el proceso personal, académico, espiritual y social, que Dios me permitió afrontar en la Universidad Tecnológica de Pereira.

Los amo mucho a todos, y doy gracias a todos los que me rodean sin excepción alguna, porque formaron parte de mi vida, y fueron instrumentos útiles en las manos de Dios, para mi formación.

TABLA DE CONTENIDO

Pag.

ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
4. MARCO REFERENCIAL.....	16
5. MARCO TEORICO	18
5.1. GENERALIDADES DEL <i>ALOE VERA</i>	18
5.2. GENERALIDADES DEL SUELO	28
5.3. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO.....	32
5.4. ANALISIS BROMATOLÓGICO	34
5.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	37
6. METODOLOGIA	59
6.1. ÁREA DE ESTUDIO.....	40
6.2. MUESTREO.....	40
6.3. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS.....	42
6.4. ANALISIS BROMATOLÓGICO.....	43
6.5. ANALISIS MICROBIOLÓGICO.....	46
6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	49
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	50
7.1. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO.....	50
7.2. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELO	52
7.3. ANÁLISIS BROMATOLOGICO	57
7.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	60
7.5. DISCUSIÓN GENERAL.....	61
8. CONCLUSIONES.....	64
9. RECOMENDACIONES.....	65
10. BIBLIOGRAFIA.....	66
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Pag.

Figura 1. <i>Aloe Barbadensis</i> Miller.....	18
Figura 2. Partes de la planta de <i>Aloe vera</i>	19
Figura 3. Composición estructural de la hoja de <i>Aloe vera</i>	20
Figura 4. Corte transversal de la hoja y células de <i>Aloe vera</i> en estado fresco (X 100 aumento).....	20
Figura 5. Mucilago o gel del <i>Aloe vera</i>	21
Figura 6. Cultivo de <i>Aloe vera</i>	23
Figura 7. Área cultivada por <i>Aloe</i> mundialmente.....	24
Figura 8. Participación de los continentes en ventas del gel de <i>Aloe vera</i> en el mundo.....	25
Figura 9. Participación de los países en las ventas del gel de <i>Aloe vera</i> a nivel mundial.....	25
Figura 10. Principales países importadores de la planta de <i>Aloe</i> a nivel mundial.....	26
Figura 11. Área cultivada por <i>Aloe</i> en América.....	26
Figura 12. Participación de los países americanos en ventas del gel de <i>Aloe vera</i> para el 2004.....	27
Figura 13. Reacción de fotosíntesis en las hojas de las plantas.....	30
Figura 14. Reacción de oxido reducción que fundamenta el método fotométrico para hallar materia orgánica en el suelo.....	33
Figura 15. Formación del ácido fosfomolibdico.....	33
Figura 16. Reacción entre el agua y el aluminio en suelos.....	34
Figura 17. Reacciones de neutralización con hidróxido de sodio, para la determinación de aluminio.....	34
Figura 18. Fenómeno de la refracción: n_1 medio menos denso; n_2 medio más denso; θ_1 ángulo de incidencia; θ_2 ángulo de refracción.....	35
Figura 19. Reacción de oxidación de la materia orgánica, producción de sulfato de amonio.....	36
Figura 20. Descomposición del sulfato de amonio a amoniaco.....	36
Figura 21. Producción del ion borato.....	36
Figura 22. Reacción de neutralización del anión borato con ácido clorhídrico.....	36
Figura 23. Colonias fermentadoras de lactosa y/o sacarosa en medio EMB.....	39
Figura 24. Departamento de Risaralda dividido en municipios.....	40
Figura 25. Mapa veredas del municipio de Belén de Umbria.....	41
Figura 26. División del sector cultivado de la finca Hediales.....	41
Figura 27. Equipos usados para el análisis de fertilidad de suelos.....	43
Figura 28. Equipos utilizados en el análisis bromatológico.....	44
Figura 29. Esquema para realizar diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}	46
Figura 30. Equipo homogeneizador Stomacher 400 circulador de Seward.....	46
Figura 31. Esquema para recuento de <i>Aerobios mesófilos</i> y de mohos y levaduras.....	47

Figura 32. Recuento <i>coliformes totales y fecales</i> por método del NMP.....	48
Figura 33. Sector cultivado de la Finca Hediales.....	
Figura 34. Área cultivada por plantas de 2 años (terreno inclinado).....	51
Figura 35. Plantas de <i>Aloe vera</i> (2 años) del cultivo de la finca Hediales con florescencia.....	51
Figura 36. Maleza alrededor de las plantas de <i>Aloe vera</i>	52
Figura 37. Comparación del pH del suelo en el Eje cafetero.....	54
Figura 38. Comparación del fósforo en el suelo con los del Eje cafetero.....	55
Figura 39. Comparación de los parámetros del suelo con el referente.....	57
Figura 40. Comparación en el contenido de cenizas, con los estudios reportados en la región.....	58
Figura 41. Comparación en el contenido de fibra y grasa, con los estudios reportados en el departamento de Risaralda y el Quindío.....	59
Figura 42. Comparación en el contenido de proteínas, con los estudios reportados en la región.....	59

INDICE DE TABLAS

Pag.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la planta de <i>Aloe vera</i> L. o <i>Aloe Barbadensis</i> Miller.....	19
Tabla 2. Propiedades del <i>Aloe vera</i>	21
Tabla 3. Hectáreas de <i>Aloe</i> en Colombia al 2009	27
Tabla 4. Metodologías utilizadas para el análisis de fertilidad de suelos, realizado en el laboratorio de suelos de la universidad tecnológica, de acuerdo a las metodologías usadas en el laboratorio Químico de Cenicafé.....	43
Tabla 5. Metodologías utilizadas para el análisis proximal realizado al mucilago de <i>Aloe vera</i>	44
Tabla 6. Metodología del análisis microbiológico.....	46
Tabla 7. Análisis de fertilidad de suelos del cultivo de <i>Aloe vera</i> de la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbría.....	52
Tabla 8. Clasificación del suelo, según los datos teóricos para cada parámetro.....	53
Tabla 9. Relación entre Ca, Mg y K en el análisis realizado a los suelos del cultivo de <i>Aloe vera</i> de la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbría.....	56
Tabla 10. Análisis bromatológico realizado al mucílago de <i>Aloe vera</i> de la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbría.....	57
Tabla 11. Análisis microbiológico realizado al mucílago de <i>Aloe vera</i> cultivada en la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbría.....	60

RESUMEN

Se realizó una caracterización al cultivo de *Aloe vera*, ubicado en la finca Hediales del municipio de Belén de Umbría, Risaralda. En esta caracterización se evaluó la calidad físico-química y microbiológica del mucilago de *Aloe vera*; así mismo se realizó un análisis de fertilidad al suelo cultivado.

El análisis bromatológico realizado al mucilago, involucró pruebas como el índice de refracción, pH, cenizas, proteínas, grasas, fibras y humedad. Estos parámetros medidos fueron comparados con otros estudios realizados a nivel nacional e internacional. Según lo anterior, se determinó que el gel de *Aloe vera* estudiado tuvo un bajo contenido en cenizas (0,1388% D.E. 0,0638) de acuerdo a los parámetros internacionales y en fibra (0,65% D.E. 0,225) marcando la diferencia respecto a los demás estudios realizados en el departamento de Risaralda.

En el análisis microbiológico se identificó la presencia de *mohos y levaduras, Aerobios mesófilos y coliformes totales y fecales*, para determinar la inocuidad del mucilago. El gel cumplió con la normativa establecida como alimento, como insumo cosmético y como sustancia para uso farmacéutico, según la *Comisión de las Comunidades Europeas*, el *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)* y la *Farmacopea Europea*.

El análisis de fertilidad de suelos, se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira; en éste se determinó el alto nivel en nitrógeno, materia orgánica y potasio; además se evidenció un bajo nivel en calcio, magnesio, y fosforo.

Se elaboró un análisis estadístico para el análisis bromatológico, basado en medidas de tendencia central y de dispersión. También se reportaron las incertidumbres de los métodos estandarizados del laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

INTRODUCCIÓN

La planta de *Aloe vera* ha sido usada desde la antigüedad, debido a sus múltiples propiedades (57, 58, 59, 65, 69), por esto, en la actualidad se utiliza en la industria farmacéutica, cosmetológica y alimentaria (58). Sus productos han recibidos con gran aceptación en el mercado mundial y debido a esto se ha generado alta demanda de la planta, principalmente en Europa (67, 89).

Internacionalmente, América es la mayor productora y comercializadora de la planta (19.119 Ha y USD \$76'570.000) (67, 70). En América, el cultivo se encuentra distribuido en México, República Dominicana, Venezuela, Estados Unidos, Costa Rica, Guatemala, Argentina y Brasil; sin embargo, México se ha destacado por ser el principal país productor y exportador de la planta de *Aloe vera* (67, 70).

Colombia tiene potencial para ser un gran productor y comercializador de la planta, sin embargo el mercado de *Aloe vera* es relativamente joven, debido en gran parte a la poca iniciativa y cooperación entre sector público y privado (1, 67). Por esto, en este nuevo siglo algunos grupos particulares han tomado el liderazgo y comenzaron a unir fuerzas para desarrollar un producto con alto potencial en cuanto a comercialización local e internacional. Los gremios del sector agrícola han venido haciendo grandes esfuerzos, con el fin de obtener certificaciones a nivel internacional sobre los cultivos y productos derivados del *Aloe vera*, que permitan cumplir con los estándares de calidad que exige el mercado industrial. Sin embargo, en Colombia no se tiene un diagnostico claro del sector cultivado, además no existen parámetros de calidad establecidos para el gel de *Aloe vera*, que regulen la calidad del gel y de sus cultivos (5, 67).

Debido a esta problemática, el grupo de Oleoquímica de la Universidad Tecnológica de Pereira, comenzó a realizar las caracterizaciones de los cultivos del *Aloe vera* en el Eje cafetero (4, 8, 9, 10, 11, 12), con el fin de establecer parámetros de calidad en la producción de la planta en la región. Por esto, en el presente trabajo se realiza la caracterización del cultivo de *Aloe vera*, por medio del análisis fisicoquímico y microbiológico del gel y la fertilidad de los suelos en el municipio de Belén de Umbría, ampliando así, la información del cultivo en la región.

Se realizó el análisis bromatológico al mucilago de *Aloe vera*, siguiendo las metodologías oficiales de la A.O.A.C, midiendo parámetros como el pH, el índice de refracción, porcentaje en cenizas, en proteínas, en grasas, y fibras y en humedad. Estos parámetros medidos fueron comparados con otros estudios realizados a nivel nacional e internacional.

El análisis microbiológico, se realizó de acuerdo a las metodologías utilizadas por las normas A.O.A.C. y las ISO. Para el conteo de *mohos y levaduras* y *Aerobios mesófilos*, se efectuó el recuento en placa, y para el de *coliformes totales y fecales*, se utilizó la técnica del número más probable.

Al suelo cultivado por plantas de *Aloe vera*, se le realizó un análisis de fertilidad, siguiendo la metodología utilizada por Cenicafe, en donde se determinó la textura, el pH, la materia orgánica, el fosforo, las bases (K, Ca, Mg) y el aluminio al suelo. El análisis de fertilidad fue

realizado por el laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Teniendo en cuenta que los análisis bromatológicos se realizaron por triplicado, se elaboró un análisis estadístico, basado en medidas de tendencia central y de dispersión. También se reportaron las incertidumbres de los métodos estandarizados del laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El *Aloe vera* es una planta reconocida por sus propiedades desinfectantes, antiinflamatorias, cicatrizantes, regeneradoras, hidratantes, etcétera (57, 58, 59, 64, 65, 68); por ello es utilizada a nivel mundial en la industria cosmetológica, farmacéutica y alimentaria. A causa de esto, se ha incrementado la demanda de la planta internacionalmente; según la United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) los principales países importadores son Hong Kong, Estonia, Israel y República Dominicana (64).

Aunque Colombia es un país tropical con excelente potencial para ser un gran productor y comercializador de la planta de *Aloe vera*, no se ha desarrollado como tal, debido en gran parte a la poca iniciativa y cooperación entre sector público y privado; incluso se importa materia prima para la elaboración de productos (1, 70). Además según el ingeniero agrónomo y vicepresidente técnico de la firma de inversiones Zulia *Aloe* Colombia, no se tiene un diagnóstico general claro del sector cultivado, siendo esta una de las debilidades (5, 67). La preocupación de los sabileros colombianos, es llegar a ser competitivos a nivel internacional y poder brindar productos de alta calidad a otros países importadores como lo son Canadá, la comunidad europea, Japón, Singapur, Hong Kong y Estados Unidos. Ellos buscan enfrentarse al TLC que fue aprobado en el 2011 con EEUU, aprovechando la demanda del *Aloe* en este país (5, 6). A pesar de esto no hay un ente nacional, que regule la calidad del gel de *Aloe vera*.

Ahora bien, en el departamento de Risaralda, el cultivo del *Aloe vera* inició en el año 2004 como una actividad multipropósito de beneficio social. Desde su establecimiento los productores y procesadores de la región no han contado con un soporte técnico continuo, no obstante, según la caracterización preliminar realizada a los cultivos en el departamento por el grupo Oleoquímica de la Universidad Tecnológica de Pereira, demostró que si bien los suelos son aptos, existen problemas fitosanitarios que deben ser mejorados (1, 8). En razón a lo expuesto, se busca que los productores implementen parámetros de calidad en sus cultivos, propiciando mayores oportunidades en el mercado nacional e internacional.

Teniendo en cuenta que en el Eje Cafetero, se han venido realizando estudios de caracterización del cultivo de *Aloe vera* en diferentes municipios de Risaralda (Guática, Mistrató, Santuario, Marsella y en los corregimientos de Combia y La florida en Pereira) y en el Quindío (Montenegro); y que existen proyectos comerciales para aumentar la producción (5, 7), se planteó el análisis bromatológico y microbiológico del mucilago y el estudio de fertilidad del suelo de plantas cultivadas en el municipio de Belén de Umbría del departamento de Risaralda, para ampliar la información de este cultivo en la región y contribuir a establecer parámetros de calidad de la producción de *Aloe vera* en la zona cafetera.

2. JUSTIFICACIÓN

El contenido mucilaginoso del *Aloe vera* le da el valor comercial a esta planta, pues se convierte en la fuente para la elaboración de dos productos muy apetecidos en el mercado, debido a sus propiedades (67): el acíbar, con efecto laxante y usado como agente amargo en bebidas alcohólicas; y el mucilago o gel, utilizado como producto dermatológico, y usado en varias bebidas como suplemento dietético (2, 3, 67). Según análisis químicos, han revelado que este gel contiene aminoácidos, minerales, vitaminas, enzimas, proteínas, polisacáridos y estimuladores biológicos. De esta manera el interés público en el *Aloe* ha crecido rápidamente, y en la actualidad existen investigaciones considerables, para identificar los componentes que proporcionan estas cualidades al *Aloe* (100).

Sus productos han sido recibidos con gran aceptación y han generado una gran demanda comercial en el ámbito mundial. Según estudios realizados por la International *Aloe* Science Council (IASC) en el 2004, se destaca la participación en el mercado del gel a Tailandia, México y República Dominicana, con los más altos porcentajes en ventas (33%, 29% y 17%) (64, 67, 70). Según las bases de datos de la UNTAD Hong Kong es el principal país importador de la planta de *Aloe* invirtiendo US \$12438, seguido por Bahrain con US \$779000 (64).

Colombia tiene gran potencial para suplir la demanda nacional e internacional de materia prima en *Aloe vera* (1, 70), siendo los principales obstáculos para este fin: el no tener un diagnóstico claro acerca del sector cultivado (5, 67), que los cultivos no se encuentren tecnificados (1, 8), la carencia de un ente que regule la producción del *Aloe* y la calidad de su gel; Por lo tanto, se genera la necesidad de realizar una caracterización de los cultivos de *Aloe vera* en el departamento de Risaralda, con el fin de establecer parámetros de calidad.

La imperante necesidad de caracterizar y tecnificar los cultivos de *Aloe vera*, se acrecienta por la fundación de empresas como Kumari *Aloe* Company (Santa Marta) que desean que el *Aloe* para exportar sea 100% colombiano; a esto se le aúna la iniciativa de la compañía Zulia *Aloe* SAS, de instalar una planta primaria para procesar *Aloe* en el Eje Cafetero, siendo estas grandes oportunidades para el fortalecimiento en el mercado de *Aloe* (5, 7).

Hasta el momento en Risaralda, el cultivo se encuentra extendido en los municipios de Santa Rosa de Cabal, Guática, Mistrató, Belén de Umbría, Santuario, Marsella, y en los corregimientos de Combia y La florida; en el Quindío el municipio de Montenegro y en algunos municipios de Caldas como San José, pero solo algunos de estos cultivos han sido caracterizados por el grupo Oleoquímica de la Universidad Tecnológica de Pereira (4, 8, 9, 10, 11, 12), por esto, resulta pertinente, seguir realizando la caracterización de sector cultivado, por medio del estudio al mucilago de *Aloe vera* y al suelo en el cual es cultivado, para generar un parámetro confiable acerca del producto que se comercializa, mejorar rendimientos, mejorar condiciones de cultivo y en general contribuir en el proceso de comercialización del *Aloe vera* en el ámbito nacional e internacional.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar de manera preliminar un cultivo de *Aloe vera* en Belén de Umbría, Risaralda, con el propósito de continuar con la documentación del estado actual de los cultivos de *Aloe vera* en el departamento.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 3.2.1.** Determinar el análisis bromatológico y microbiológico del mucílago de las plantas de *Aloe vera*, cultivadas en Belén de Umbría, Risaralda.
- 3.2.2.** Evaluar algunos parámetros de calidad del suelo cultivado en *Aloe vera*, para así determinar su fertilidad.
- 3.2.3.** Establecer diferencias y/o similitudes de manera apreciativa entre las características del *Aloe vera* cultivada en Belén de Umbría con estudios realizados en otros municipios del departamento de Risaralda.

4. MARCO REFERENCIAL

Según la revisión bibliográfica realizada, no se ha documentado ninguna caracterización de los cultivos de *Aloe vera* en Belén de Umbría, sin embargo en 1974, se realizó un estudio de suelos por el IGAC, y se encontró que éstos en su mayoría eran suelos entre relieves ligeramente ondulados a fuertemente quebrados, con pendientes desde 3 hasta 50% y de baja fertilidad. Así mismo se encontraron entre relieves quebrados a escarpados, con pendientes de 12% a mayores de 50%, altamente susceptibles a erosión y algunos con erosión moderada a severa, con baja fertilidad. También se realizaron análisis físico químicos a diferentes sectores del suelo clasificándolos según su tipo de formación, en este caso se tomaron los puntos más cercanos al casco urbano (serie Cajones, Santa Helena y Taparcal), ya que en el presente estudio, se muestreó un cultivo en la vereda Cantamonos, cerca al casco urbano de Belén (ver anexo G). De esta manera, se clasificaron los suelos como pertenecientes a las formaciones de vertiente y de montañas disectadas, con relieves entre fuertemente quebrados y escarpados, se presentaron entonces, escarpes separados por valles encajonados y profundos, y con vertientes masivas y disectadas. Por último, se clasificaron como suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas que descansan sobre granitos y diabasas. La serie Taparcal fue el análisis que se realizó más cerca a la vereda Cantamonos, ya que la carretera que pasa por la vereda Santa Helena a Yarumal queda cerca a piñales, y a su vez a Cantamonos. (91).

A nivel departamental (Risaralda y Quindío) se encuentran los trabajos de caracterización de los cultivos de *Aloe vera*, realizados por el grupo de Oleoquímica: en Guática, Mistrató, Santuario, Marsella, Combia y la Florida del departamento de Risaralda y en el municipio de Montenegro del Quindío (4, 8, 9, 10, 11, 12). Se realizaron análisis bromatológicos al mucilago, comprendiendo pruebas de pH, humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra, índice de refracción, y algunos minerales (K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Zn, Cu, B). También determinaron la fertilidad de los suelos cultivados mediante la determinación de materia orgánica, K, Ca, Mg, P, y Al. Además los estudios de los cultivos de Santuario, Marsella, y la Florida, realizaron análisis foliares a la corteza de la hoja del *Aloe vera*, comprendiendo pruebas de cenizas, proteína, K, Ca, Mg, P, Fe, Mn, Zn, Cu, y B. Por otro lado los municipios de Santuario, Marsella, Guática, Mistrató y el corregimiento de la Florida, realizaron análisis microbiológico al mucilago de *Aloe vera* de sus respectivos cultivos, determinando la cantidad de *Aerobios mesófilos*, *mohos* y *levaduras*, *Coliformes totales* y *fecales* *Staphylococcus aureus*, *Salmonella Sp*, *Pseudomona aeruginosa*.

De estos análisis, se obtuvo que los suelos con el pH más apto para el cultivo fueron el de Marsella, y el de Mistrató en la zona semiplana (ver anexo C), con un suelo moderadamente ácido (20, 60, 90, 93, 98). Sin embargo, se concluyó que los suelos estudiados, presentan condiciones aptas para el cultivo de *Aloe vera*. No obstante, cabe destacar que el suelo del corregimiento de Santa Ana en Guática, fue el de mayor contenido en Fe, B y Zn, el de la Florida (con abono) en contenido de Cu, S y materia orgánica, y el de la finca Campo Alegre (Santuario) en potasio, y manganeso (ver anexo C).

En cuanto al análisis del mucilago de los estudios realizados en Combia y Montenegro, se obtuvo que las hojas de las plantas sanas (color verde) y malas (color marrón), presentaron una diferencia en el contenido de proteína, humedad, cenizas, grasa y fibra cruda, siendo

mayor el contenido de las hojas sanas verdes. Lo anterior, debido a la posible presencia de la bacteria *Erwinia sp* y del hongo *Fusarium* y *Colletotrium*.

Los resultados obtenidos según el análisis bromatológico del mucilago de *Aloe vera* en los municipios de Combia, Santuario, Marsella, Guática, Mistrató y en el corregimiento La florida, del departamento Risaralda y Montenegro del departamento del Quindío, expusieron que el mucilago presenta condiciones aptas para su comercialización. Por otro lado, los mucilagos con mayor contenido en nutrientes, fueron los de Guática con altos niveles en Fe, Zn y Cu, y los de La florida sin abono (sanas) en Ca, Mn y B. En el resto de pruebas no hubo diferencias significativas entre sí (ver anexo D).

Según los análisis foliares, se observó que las plantas de la finca la Palma (la Florida), son más ricas en nutrientes, con mayor contenido en K, Fe, Mn, Zn y B (ver anexo E).

El análisis microbiológico del mucilago de *Aloe vera*, expuso que el mucilago de los diferentes cultivos, no presentaron microorganismos patógenos, siendo inocuos para su posterior comercialización como materia prima (ver anexo F).

5. MARCO TEÓRICO

5.1. GENERALIDADES DEL ALOE VERA



Figura 1. *Aloe Barbadensis* Miller

Fuente: <http://www.grancanariaAloe vera.com/>

La planta de *Aloe vera* (figura 1) es originaria de África, específicamente de la península de Arabia. Su nombre genérico *Aloe* proviene del término árabe *alloeh* que significa sustancia brillante y amarga, mientras que "vera" significa verdad, se le denomina también con el nombre de *Aloe*; ésta y otras variantes se debe a la deformación del vocablo árabe *Çabila* que significa planta espinosa.

Su utilización como planta medicinal fue muy importante para las antiguas culturas como los griegos, romanos, egipcios, hebreos, asirios, árabes y por supuesto para las culturas africanas, de donde se origina esta planta (60). Al continente americano fue introducida por Cristóbal Colón en los tiempos del descubrimiento de América, debido a que éste la utilizaba como medicina para su tripulación. En la actualidad, se usa en muchos lugares del mundo en la medicina moderna para tratar múltiples enfermedades, además de ser utilizada en la industria cosmetológica, farmacéutica y alimentaria (57, 58, 59, 60).

Del género *Aloe* se han descrito aproximadamente 320 especies, sin embargo, son 15 los géneros con importancia en el sentido comercial y farmacológico, tales como *Aloe Aloinilla*, *Aprica*, *Astroloba*, *Chortolirion*, *Gasteria*, *Goillauminia*, *Haworthi*, *Kniphofia*, *Lemeea*, *LeptAloe*, *Lomatophyllum*, *Poellnitzia*, *Pachidendron* y *Tritoma* (62); entre estas se destaca el *Aloe vera* L o *Aloe Barbadensis* Miller, ya que es la variedad más utilizada en todo el mundo para la medicina curativa (59, 60). Su clasificación taxonómica se observa en la tabla 1:

Reino	Vegetal
División	<i>Embriophyta-Siphonogama</i>
Subdivisión	<i>Angiosperma</i>
Clase	<i>Monocotiledoneae</i>
Orden	<i>Liliales</i>
Familia	<i>Liliaceae</i>
Subfamilia	<i>Asfondoideae</i>
Tribu	<i>Aloinaeae</i>
Género	<i>Aloe</i>
Especie	<i>Vera</i>
Nombre común	<i>Aloe</i>

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la planta de *Aloe vera* L. o *Aloe Barbadensis* Miller (58, 59, 60, 64).

Su metabolismo ácido crasuláceo, le permite adaptarse a zonas con escasez de agua, a la intensidad de los rayos solares y concentración de las sales, condiciones que caracterizan a grandes superficies localizadas en las zonas áridas y semiáridas (60).

Las plantas de esta especie son herbáceas (62), exóticas, estoloníferas (61, 62, 65, 66), perennes (60) y xerófilas (58, 59), en su etapa adulta miden 65-80 cm(64).Cada planta produce en promedio 20 rosetas laterales o hijuelos (60). Son hierbas carnosas de tallo corto (30 – 40 cm) medianamente superficial, con estructura escamosa. Tienen aspecto rosetado, sus hojas son erguidas, acuminadas, de textura coriácea, succulentas, de 30 - 60 cm de largo, con márgenes espinosos de hasta 2cm entre cada diente, de color intenso en tonos variables de verde (figura 2).

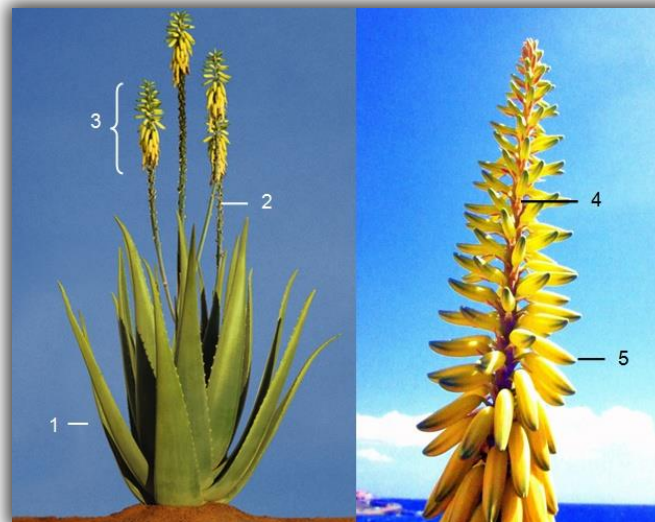


Figura 2. Partes de la planta de *Aloe vera*.

1. Hoja. 2. Pedúnculo. 3. Flor. 4. bráctea membranosa. 5. Fruto.

Fuente: Forever<<http://www.Aloe vera.lv/>>

Las flores son tubulares de color amarillo-verdoso, de unos 2.5 cm de largo, sobre un pedúnculo erguido simple o escasamente ramificado, de una altura de 1-1.3 m (58, 59, 60,

61, 62, 64). Las flores van acompañadas de una bráctea membranosa, son lanceoladas de color blanco - rosada, con líneas oscuras (figura 2). Los frutos son cápsulas oblongas y las semillas son aplanadas. La raíz es larga y rizomatosa.

Lo más utilizado de la planta de *Aloe vera* son las hojas, cada una está compuesta por tres capas (figura 3): La capa interna reconocida como el mucílago o gel transparente, que contiene 99% en agua y el resto en glucomananos, aminoácidos, lípidos, esteroides, minerales, enzimas, polisacáridos, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos y vitaminas. La capa intermedia está formada por el acíbar, que es un líquido amargo de color pardo que exudan las hojas al cortarlas, este contiene antraquinonas y glucósidos. Por último, la capa externa es la corteza, en esta los haces vasculares son responsables del transporte de sustancias como el agua (xilema) y almidón (floema) (59, 64, 67).

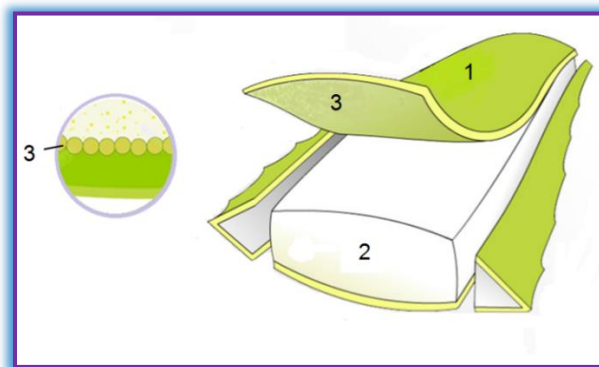


Figura 3. Composición estructural de la hoja de *Aloe vera*.

1. Corteza de la hoja. 2. Mucílago o gel. 3. Acíbar o látex.

Fuente: <http://www.medicina-integrativa.net/el-Aloe/>

El gel está compuesto por parénquima esponjoso de grandes células transparentes, de forma hexagonal y paredes delgadas, con alto contenido en agua (mayor a 0,985 g agua/g m.s.) filtrada por las raíces y las hojas y con abundante contenido mucilaginoso (figura 4). A partir de este, se prepara el producto comercial más importante de esta planta (58, 64).

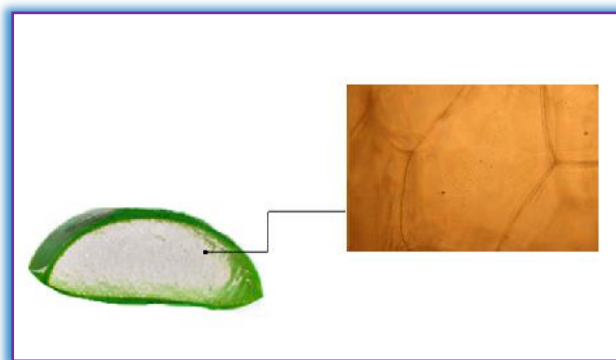


Figura 4. Corte transversal de la hoja y células de *Aloe vera* en estado fresco (X 100 aumento) (58).

5.1.1. PROPIEDADES DEL ALOE VERA

Se ha demostrado científicamente que son cuatro tipos los que presentan mayores propiedades medicinales: *Aloe barbadensis* Miller, *Aloe perryi* Baker, *Aloe ferox* y *Aloe arborescens*. No obstante, el *Aloe barbadensis* Miller es considerada como la más utilizada

en la medicina curativa y la más popular en el mundo entero (58). A esta se le han atribuido múltiples propiedades, en donde se utiliza principalmente el mucilago y el acíbar del *Aloe* (tabla 2).

Su uso puede ser interno o externo, si se usa por vía oral, el *Aloe vera* es un gran regulador, depurativo y tonificante general de los órganos y sistemas corporales, además disminuye las afecciones de la mucosa gástrica e intestinal (gastritis, úlcera gastroduodenal, infecciones gastrointestinales y enfermedades inflamatorias intestinales) y de la mucosa bucal (aftas, gingivitis, periodontitis, candidiasis bucal y esofágica). Si es aplicado externamente, es antiséptico, antiinflamatorio, suavizante, cicatrizante, regenerador, además alivia y cura heridas, llagas, eccemas, golpes, dolores musculares o articulares, acné, enfermedades en la piel y en los ojos, entre otras (57, 58, 59, 65, 69).

Propiedad	Bibliografía	Propiedad	Bibliografía
Desinfectante	58, 65, 68	Inmunoestimuladora	57, 58, 65
Antiviral	58, 59, 65, 68	Antidisentérica	58
Antibacterial	57, 58, 59, 65, 68	Antimorroidal	58, 68,69
Fungicida	57, 65	Laxante	57, 58, 59, 65, 69
Antiinflamatoria	58, 59, 65, 68	Coletérica	58
Astringente	58,59	Cicatrizante	57,58,59,65,68
Suavizante	65	Depurativa	57
Hidratante	57, 58	Humectante	57
Emoliente	58	Analgésica	57, 59, 68
Coagulante	57, 58, 59	Antibiótica	57, 58, 59
Antialérgica	58, 68	Digestiva	57
Antioxidante	58, 59, 68	Anticancerígeno	68, 101

Tabla 2. Propiedades del *Aloe vera* (57, 58, 59, 65, 68,69, 101).

5.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL *ALOE VERA*



Figura 5. Mucilago o gel del *Aloe vera*.

Fuente:<<http://Aloe natura.com/>>

El suelo cultivado y la edad de la planta, producen variaciones en la calidad y cantidad de los componentes de la planta, dándoles diferentes propiedades (59). El gel de *Aloe vera* contiene alrededor de 98,5% - 99% de agua (57, 58, 59, 81), es rico en mucílagos (figura 5), que contienen ácidos galacturónicos, glucorónicos y azúcares como glucosa, galactosa y arabinosa. También contiene polisacáridos con alto contenido en ácidos urónicos, fructosa y otros azúcares hidrolizables. El acíbar está compuesto principalmente por la aloína, una antraquinona que es toxina, y abortiva (102, 129).

Químicamente el gel se caracteriza por la presencia de varios principios activos (anexo I), los compuestos fenólicos (cromonas y las antraquinonas) de gran poder antioxidante, ligninas, saponinas, vitaminas, aminoácidos, enzimas, azúcares, y minerales como Calcio, Fósforo, Potasio, Hierro, Sodio, Cloro, Manganeso, Magnesio, Cobre, Cromo y Zinc (57, 58 59, 66, 70).

5.1.3. EL CULTIVO DE *ALOE VERA*

El Consejo Internacional del *Aloe*, señala que debido a su ubicación puede ser encontrada en un espectro climático bastante amplio. Esta se adapta a vivir en alturas desde 20 hasta 2500 msnm, con precipitación de 400 a 2500 mm/año, humedad relativa de 65 a 85%, y temperaturas de 18 a 40° C. Los climas en los que se desarrolla van de tropicales y subtropicales a desérticos, con altos niveles de luminosidad, pues esta, es susceptible a bajas temperaturas (63, 64, 65, 67, 72). La planta posee tejidos para el almacenamiento de agua, por ello, se adapta a vivir en zonas áridas (58), y aunque sobrevive en suelos pobres, los ideales para la planta son profundos, porosos, con textura franca o franca arenosa, ricos en materia orgánica y con pH ligeramente alcalino, debido a que en los suelos ácidos predominan los hongos que atacan a la planta (60, 63, 64, 72, 90). Los suelos deben tener buen drenaje y baja retención de humedad, pues la planta no soporta los “encharcamientos” o inundaciones, porque su sistema radicular es altamente sensible (72).

- **Reproducción:** La planta de *Aloe vera* se reproduce por medio de estolones o hijuelos, que brotan de su raíz, también puede propagarse por semillas, pero es poco frecuente por su lentitud (64, 65, 72). Los hijuelos son llevados a un vivero de reproducción, para que se lleve a cabo la etapa de enraizamiento hasta alcanzar una altura de 25 centímetros; alcanzada la altura recomendada son llevados al lugar definitivo para la siembra (67, 71, 72).

- **Siembra:** La época más adecuada para la plantación, es al inicio de la estación lluviosa en los lugares secos y al finalizar la estación lluviosa en los lugares de alta precipitación (72, 73). Es recomendado plantar el *Aloe vera* con un distanciamiento de 1 metro entre plantas y 1 metro entre hileras, con el fin de facilitar las labores de deshierbe y evitar el desarrollo de enfermedades a causa de altas densidades (72, 73) (figura 6). También se recomienda fertilizar con humus (300 – 400 g) en el lugar de la siembra, y aplicar *Micorrizas* (hongo benéfico para el suelo y la raíz de la planta) (72, 73, 74).



Figura 6. Cultivo de *Aloe vera* (6).

- **Riego y drenaje:** La cantidad y frecuencia del riego está en función de las necesidades hídricas de la planta, clima y textura del suelo. Es necesario regar en caso de sequia, y se deben efectuar riegos espaciados, cuidando que el agua no se acumule, ya que si esto ocurre, las plantas se pueden ver afectadas, condicionándolas a efectos causados por fitopatógenos y provocando falta de aire en el suelo (64, 72). Para que haya un buen drenaje y escurrimiento superficial, es recomendable la reconstrucción de las microcuencas cada año (60).
- **Fertilización y control de malezas:** La primera aplicación de fertilizante se debe realizar en el momento de plantación, y después hacer una aplicación periódica en época de lluvias (60, 72, 73, 74). Es recomendable utilizar el humus liquido y sembrar el “maní forrajero” entre las calles, ya que aporta nitrógeno al suelo y ayuda a evitar la erosión y ocupar el espacio que sería ocupado por malezas (72, 67). Otras medidas de control para las malezas son: realizar el deshierbe manual alrededor de cada planta una vez al año, después de temporada de lluvias (60, 72) y utilizar el método de sombreo “mulch” (75), que consiste en usar coberturas muertas como residuos vegetales, que evitan el crecimiento de malezas por falta de luz.
- **Cosecha y recolección:** las plantas están biológicamente aptas para la cosecha, cuando han alcanzado la concentración necesaria de polisacáridos y tienen una longitud mínima de 65 cm, esto ocurre generalmente cuando tienen entre 2 a 3 años de edad (65, 70, 72). La recolección se efectúa de forma manual retirando una a dos hojas cada 3 a 4 meses (72, 76), realizando una pequeña incisión a cada lado de la “cutícula” y desprendiendo cuidadosamente la penca (70, 72).
- **Enfermedades y plagas:** La mayoría de insectos predadores son evitados por el amargor de las antraquinonas en los túbulos periciclares (70). Sin embargo la planta es susceptible al ataque de fitopatógenos por diversos factores como la humedad del suelo y del ambiente, altas densidades de siembra, mal drenaje, malezas, sol, pH del suelo, y fertilizantes.

La insuficiencia de luz solar, provoca que las pencas de la planta estén caídas (horizontales) (67, 70) y el exceso de la misma, genera resequedad en las hojas y les confiere un color rojizo o marrón (60, 67, 70). Por el contrario, las heladas provocan daños en las hojas, como quemaduras y coloración amarronada, las temperaturas congelantes rompen los tubos

periclares y las células locunares del mesófilo, introduciendo las sustancias antraquinonas en el gel interno y causando el color rojo en las hojas (77).

La hormiga arriera es una de las plagas importantes que puede afectar seriamente las hojas de *Aloe* realizando cortes y defoliando. Para esto se usan cebos biológicos que son hongos como el *Trichoderma* (antagonista del hongo que cultivan las hormigas), el *Beauveria Bassiana* y *Metarhizium Anisopliae*(72).

Los suelos demasiados ácidos y con mal drenaje, suelen favorecer las enfermedades fungosas y bacterianas de las raíces (60, 65). Diversas sintomatologías que han sido reportadas en Aruba, Brasil, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Perú, México, República Dominicana y Venezuela son causadas por estos (73). Sin embargo, según un estudio realizado en la región andina y Llanos Orientales en Colombia, el patógeno que más ataca a la planta es el hongo *Fusarium spp* (anexo V), provocando la pudrición en las raíces y en el tallo de la planta (73). Otros hongos que la atacan son *Colletotrichum spp*, *Cladosporium spp* y *Curvularia spp*. que provocan el endurecimiento y la necrosis de las pencas. *Pythium spp* y *Rhizoctonia spp*, pueden producir necrosis en el sistema radicular, y llegar a generar el volcamiento y muerte de la planta (73, 78).

5.1.4. PRODUCCIÓN Y DEMANDA DE ALOE VERA EN EL MUNDO.

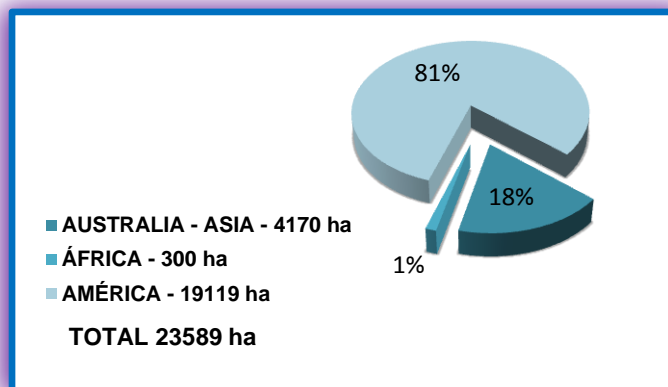


Figura 7. Área cultivada por *Aloe* mundialmente (67, 70).

En la actualidad existe una gran demanda de *Aloe* en el mundo, y poca producción para suplirla. La mayor concentración de demanda por productos con contenido de *Aloe vera* se encuentra en Europa, en especial países como Alemania, Holanda, Francia e Italia, esto debido a las condiciones de sus suelos. Por lo anterior, los convierte en un objetivo atractivo por su nivel de demanda (67, 89).

Las cifras de producción mundial de *Aloe vera* recaudadas por la International Aloe Science Council (IASC) en el 2004, aportan que a nivel mundial en cuanto a hectáreas cultivadas hay un predominio por parte del continente americano con 19119 ha. En segundo lugar se encuentran Australia y Asia aportando un 18% de las plantas cultivadas en el mundo (4170 ha); África también aporta y aunque su producción es pobre (300 ha), se considera que las pencas africanas son las de mayor calidad (figura 7) (64, 67, 70).

5.1.5. MERCADO DE ALOE VERA EN EL MUNDO

Según el censo realizado en el 2004, el mercado mundial de *Aloe vera* asciende, en dólares a \$123'500.000 de ventas por año. América fue la principal comerciante del gel predominando con el 62% de las ventas mundiales, en el caso de Australia y Asia aportaron el 38%; África, por el contrario según el censo no participa en las ventas del gel (figura 8) (67, 70).

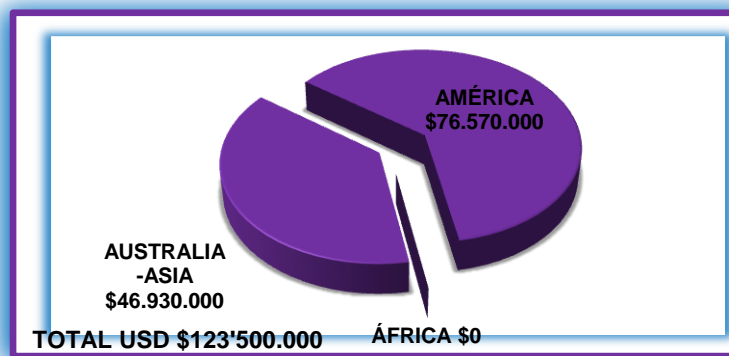


Figura 8. Participación de los continentes en ventas del gel de *Aloe vera* en el mundo (67,70).

En cuanto a la participación de países en ventas del gel se puede observar en figura 9, la destacada participación a Tailandia en Asia 33%, y a México 29% y República Dominicana 17% del continente americano, con los más altos porcentajes en ventas del gel.

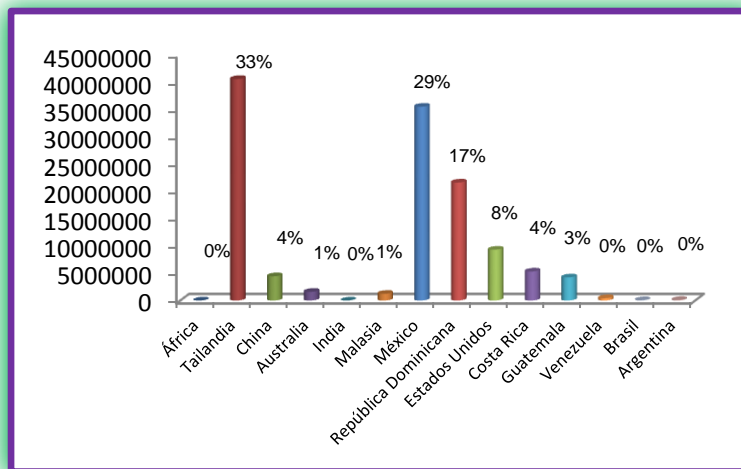


Figura 9. Participación de los países en las ventas del gel de *Aloe vera* a nivel mundial (70).

Como se puede observar en la figura 10, Hong Kong es el principal país importador de la planta de *Aloe* invirtiendo US \$12438, según las bases de datos de la UNTAD (United Nations Conference on Trade and Development)(64).

Japón es el principal país importador de productos cosméticos a base de *Aloe vera*, predominando en las importaciones con un 35%, seguido por Estados Unidos 24% y la Unión Europea 22%. Alemania y el Reino Unido son los principales importadores de la Unión

Europea predominando con porcentajes del 32% y 23% en importaciones de cosméticos de *Aloe vera*, según bases de datos de Proexport para el año 2001 (64).

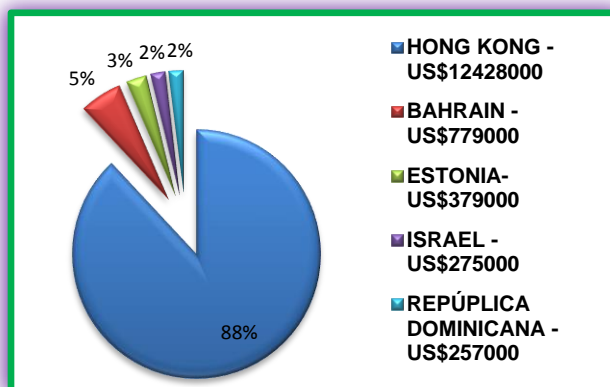


Figura 10. Principales países importadores de la planta de *Aloe* a nivel mundial (64).

5.1.6. PRODUCCIÓN Y MERCADO DE *ALOE VERA* EN AMÉRICA

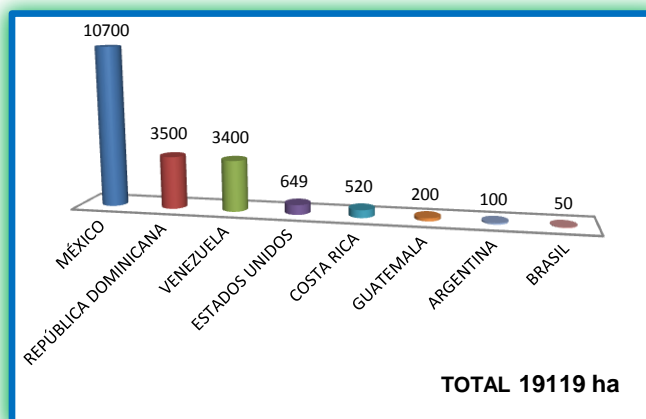


Figura 11. Área cultivada por *Aloe* en América (67, 70).

Según el censo realizado por AISC en el 2004, en cuanto a hectáreas cultivadas, se puede ver un claro dominio de México sobre los demás países americanos, aportando el 56% de las hectáreas cultivadas. En segundo y tercer lugar se posicionan República Dominicana y Venezuela, aportando cada una el 18% del sector cultivado en América (ver figura 11) (67, 70).

En cuanto al mercado del gel de *Aloe vera* en América, México y República Dominicana siguen manteniendo los primeros lugares con el 46% y 28% del valor total de ventas. Estados Unidos, por el contrario demuestra su enfoque por generar valor agregado en productos derivados de la planta de *Aloe vera* y se posiciona en el tercer lugar de participación en ventas (figura 12) (67, 70).

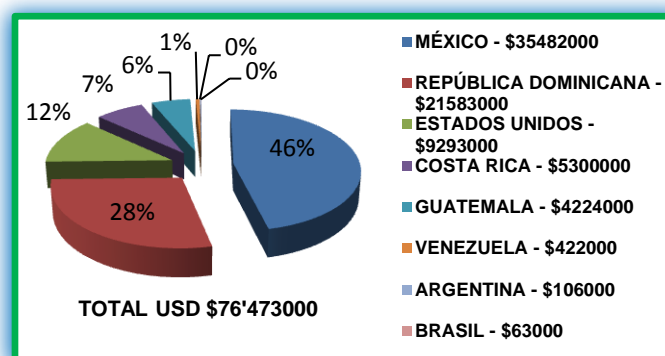


Figura 12. Participación de los países americanos en ventas del gel de *Aloe vera*, para el 2004 (67, 70).

5.1.7. COMERCIALIZACIÓN DE *ALOE VERA* EN COLOMBIA

Departamentos	Ha	%	Departamentos	Ha	%
Atlántico	100	30%	Boyacá	8	2%
Santander	36	11%	Cesar	7	2%
Antioquia	35	11%	Tolima B. Brabante	6	2%
Magdalena	26	8%	Bolívar	6	2%
Cundinamarca	23	7%	Sucre	4	1%
Tolima	21	6%	Putumayo	4	1%
Risaralda	20	6%	Nariño	4	1%
Valle del Cauca y cauca	17	5%	Meta	2	1%
Guajira	10	3%	Casanare	2	1%
			TOTAL	331	100%

Tabla 3. Hectáreas de *Aloe* en Colombia al 2009 (79).

En Colombia existe un excelente potencial para producir grandes volúmenes de *Aloe vera* con el fin de cubrir el déficit en la oferta de acíbar, pasta de *Aloe*, gel fresco y gel liofilizado en el mercado nacional e internacional (70); La planta es cultivada en su mayoría por pequeños productores, grupos de mujeres y productores independientes, quienes buscan una opción económica y ser competitivos a nivel internacional; Sin embargo se atraviesan dificultades en su comercialización, pues el mercado en Colombia es relativamente joven, debido a la poca iniciativa y cooperación entre sector público y privado (1).

Solo hasta este nuevo siglo, algunos grupos particulares han tomado el liderazgo uniendo fuerzas para desarrollar un producto con alto potencial en cuanto a comercialización local e internacional (67). El Ministerio de Agricultura cuenta con un organismo que se encarga de impulsar programas y estrategias para un mejor y mayor desarrollo del sector, denominado Cadena Nacional Productiva de la *Aloe*, que busca beneficiar no solo al sector agrícola en

particular, sino también el desarrollo rural por medio de generación de empleo, inversión extranjera, vinculación de pequeñas y medianas empresas(67, 70).

Según el Ministerio de agricultura y desarrollo rural, los departamentos más sobresalientes en producción de la planta de *Aloe* son el Atlántico abarcando el 30% del área cultivada, Antioquia y Santander aportando cada uno el 11% de los cultivos colombianos (tabla 3). Risaralda con 20 Ha cultivadas, aporta el 6% del cultivo total. Sin embargo actualmente no se tiene un diagnóstico claro del sector cultivado (5).

5.1.7.1. Eje Cafetero

En la región cafetera el cultivo se inició en el 2004, aprovechando las bondades del clima tropical y la excelente calidad de los suelos. Este se encuentra dentro de la apuesta productiva regional: cadena de mercados verdes y biocomercio, en el programa de plantas aromáticas y medicinales, promoviéndose como una actividad multipropósito de beneficio social.

Hasta el momento en Risaralda el cultivo se encuentra extendido en los municipios de Santa Rosa de Cabal, Guática, Mistrató, Belén de Umbría, Santuario, Marsella, y en los corregimientos de Combia y La florida; en el Quindío el municipio de Montenegro y en algunos municipios de Caldas como San José.

5.2. GENERALIDADES DEL SUELO

El suelo es la capa superior de la tierra donde se desarrollan las raíces de las plantas. Esta capa, es un depósito de sustancias nutritivas sólidas, agua y aire de donde las plantas toman su alimento para desarrollarse. Las sustancias sólidas conforman el 50% de la capa de suelos cultivable, dividida en partículas minerales y en materias orgánicas. Consta de un 25% de agua, en la que se disuelven los minerales del suelo, y por último el 25% restante se compone de aire, que es esencial para la planta (13, 14).

En el suelo viven numerosos grupos de organismos, su tamaño va desde microscópico (bacterias, nematodos y hongos) a grupos reconocibles a simple vista (lombrices y larvas de insectos). Algunos de estos organismos microscópicos producen reacciones favorables para el suelo, como la descomposición de los residuos vegetales y animales; otros producen reacciones desfavorables, como el desarrollo de enfermedades en plantas y animales. La mayoría de estos organismos vivos, dependen de la materia orgánica presente en el suelo para alimentarse, de ahí que, por lo general, se les encuentre en los primeros 30 cm de suelo (16).

- **Textura:** La textura representa el porcentaje en que se encuentran los grupos de partículas de diferentes tamaños que constituyen el suelo: arena, limo y arcilla (15, 16). Si los suelos contienen en mayor cantidad arenas, se dice que son arenosos, si predominan las partículas de arcilla, son llamados arcillosos, y si tienen mayor apartado de limo, se les llama limosos(14, 17); si los suelos tienen cantidades más o menos iguales de arenas, limos y arcillas, se dice que son suelos de textura franca o suelos medianos. Estos suelos son los mejores porque son fáciles de cultivar, no se encharcan y son ricos en nutrientes para las plantas (14).

La textura tiene especial significado en: aireación, movimiento del agua, retención de humedad, retención y liberación de iones, disponibilidad de nutrientes y con ellos en su productividad, erodabilidad, uso y manejo (17).

- **Materia orgánica:** La materia orgánica es el residuo de plantas y animales incorporados al suelo parcial o completamente descompuestos y de humus que es el producto final de su descomposición. Su contenido es inestable por la acción de los microorganismos del suelo, así como de diversos representantes de la microfauna edáfica (ácaros, insectos, lombrices, etcétera) (13, 19). Contribuye al crecimiento de las plantas, a través de sus efectos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (anexo K). Este último tiene una función nutricional en la que sirve como una fuente de N, P, Mg, Ca, S y micronutrientes, a medida que la materia orgánica se descompone, estos elementos se vuelven disponibles para las plantas en crecimiento. Biológicamente, afecta la actividad de la microflora y la microfauna; también influye en la estructura del suelo, promoviendo la mejora en las labores de labranza, aireación y retención de humedad del suelo (16, 19).

- **PH:** Los principales factores que determinan la intensidad de acidez del suelo son la lluvia, la irrigación, el drenaje, las partículas minerales, el tiempo de explotación y la fertilización. El agua que pasa a través del suelo lixivia los nutrientes básicos, tales como el Ca y Mg en el agua de drenaje, reduciendo su participación en el complejo de intercambio y favoreciendo la acumulación de Al, Fe y otros cationes de carácter ácido. De modo que los suelos formados bajo precipitaciones altas son más ácidos, que aquellos formados bajo condiciones áridas (13, 16, 17). El suelo se puede clasificar en ácido, neutro o alcalino y de esto dependen la disponibilidad y la presencia de nutrientes para las plantas y su facilidad para tomarlos; dependiendo de este, los nutrientes presentan mayor o menor solubilidad en el suelo, como se puede ver en el anexo U.

Los suelos neutros son ideales para la mayoría de los cultivos (6,6 – 7, 3), en estos suelos no se presentan condiciones extremas que afecten la disponibilidad de los nutrientes; en general en estos suelos las deficiencias más comunes son las de nitrógeno y potasio (21).

En los suelos ácidos se asocian con la baja disponibilidad de algunos elementos como el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, cobre, boro, y Mo. También puede existir mayor cantidad de Al y manganeso que son tóxicos para las plantas (16, 17, 18, 21). Lo anterior debido a la solubilidad del nutriente en el suelo, a que los organismos responsables de la descomposición de la materia orgánica están en menor cantidad, y la CIC del suelo es muy baja.

Suelos alcalinos se caracterizan por tener concentraciones excesivas en sales solubles de Ca, Mg y Na en las capas superficiales del suelo, son típicos en regiones de clima seco y pueden presentar deficiencias de Zn, Fe, Mn, B y de P (13, 21).

- **Fertilidad:** La fertilidad de un suelo está determinada por el contenido de elementos que sirven para alimentar las plantas, llamados nutrientes, sin embargo para que el suelo sea productivo, debe ofrecer soporte físico, aire, agua y nutrientes en cantidades adecuadas y necesarias; es por ello, que no necesariamente un suelo fértil, es un suelo productivo (18).

Se conocen 16 elementos químicos esenciales para el crecimiento de las plantas. Estos se dividen en dos grupos principales, no minerales y minerales. Los nutrientes no minerales se encuentran en la atmósfera y en el agua, y son utilizados en la fotosíntesis de la siguiente forma (figura 13) (16):

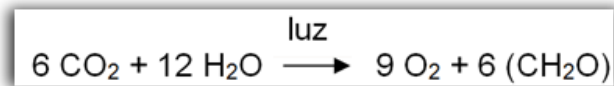


Figura 13. Reacción de fotosíntesis en las hojas de las plantas (16).

Los 13 nutrientes minerales, provenientes del suelo, se dividen en tres grupos: primarios, secundarios y micronutrientes.

✓ **Los nutrientes primarios** (N, P, K) son los primeros en carecer en el suelo, puesto que las plantas los utilizan en cantidades relativamente grandes (16).

El nitrógeno: es esencial para el crecimiento de las plantas y forma parte de todas las células vivientes. Las plantas absorben la mayor parte del N en la forma de iones de amonio (NH_4^+) o de nitrato (NO_3^-). La absorción directa de urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ puede ocurrir a través de las hojas y pequeñas cantidades de N son obtenidas de ciertos materiales como los aminoácidos solubles en agua.

El fósforo: las plantas absorben la mayor parte del fósforo que necesitan como ión ortofosfato primario (H_2PO_4^-), pero también absorben cantidades menores del ión ortofosfato secundario (HPO_4^{2-}). La forma como puede encontrarse el fósforo en el suelo puede resumirse en un fósforo total que incluye el de la materia orgánica y humus, y el de las fracciones inorgánicas, que son fosfatos que pueden ser insolubles o solubles. En la mayoría de los suelos, el fósforo inorgánico es mayor que el orgánico, pero en suelos ricos en materia orgánica, el fósforo orgánico es mayor.

El contenido de fósforo en los suelos colombianos es bajo, siendo el nutriente más escaso (22). El fósforo en el suelo, no es disponible para las plantas, debido a la forma química en que se encuentra, este fenómeno se intensifica en suelos con $\text{pH} < 5$, en los cuales el aluminio se une al fósforo haciéndolo insoluble para las plantas, este se puede hacer disponible adicionándole cal. Algunas fuentes de fósforo son la roca fosfórica, calfos, escorias Thomas, el superfosfato y el fosfato de amonio (22).

El potasio: es absorbido por las plantas en su forma iónica (K^+). A diferencia del N y P, el K no forma compuestos orgánicos en la planta. Su función primaria parece estar ligada al metabolismo de la planta.

El potasio en el suelo, se encuentra en fracción mineral, mas no en la materia orgánica, y su existencia está relacionada con el pH; si son suelos ácidos, su contenido es bajo, pero entre más alcalino sea, más contenido habrá. Cuando se usa excesivamente la cal, produce la lixiviación del potasio, desplazándolo; esto mismo ocurre cuando se fertiliza con magnesio. En el caso, contrario al fertilizar excesivamente con potasio, ocurre una deficiencia de calcio y magnesio. La fuente de potasio más natural es el cloruro de potasio o sulfato de potasio (22).

✓ **Los nutrientes secundarios** (Ca, Mg y S) pueden deprimir el crecimiento de las plantas, tanto como la deficiencia de un macronutriente.

El calcio: Se encuentra presente en la solución del suelo y es retenido como un catión de intercambio, Ca^{+2} en las superficies cargadas negativamente de las arcillas y materia orgánica del suelo. Es por lo general el catión más dominante en el suelo, aun con pH bajos. Forma parte de la estructura de numerosos minerales del suelo, como la dolomita, calcita, apatita y feldespatos de Ca constituyen las fuentes mayores de Ca para el suelo.

Dado a que la mayoría de los suelos deficientes en Ca son ácidos, un buen programa de encalado puede agregar Ca en una forma muy eficiente. Tanto la calcita, como la dolomita son fuentes excelentes. El yeso también suministra Ca, cuando el pH del suelo es lo suficientemente alto, como para no necesitar cal. El superfosfato normal que es 50% yeso y en un grado menor el superfosfato triple (16, 22).

El Magnesio: no proviene de los fertilizantes o material de encalado, proviene de la intemperización de rocas que contienen minerales como la biotita, hornablenda, dolomita y clorita. En general, los suelos contienen menos Mg que Ca, debido a que el Mg es más soluble y por lo tanto es más lixiviable. Este catión (Mg^{+2}) está sujeto al intercambio catiónico y es adsorbido en la superficie de las arcillas y de la materia orgánica.

El azufre: En los suelos inorgánicos se presenta en forma de sulfato. La materia orgánica constituye la fuente principal de S para la mayoría de los suelos y su proporción de descomposición influye en la cantidad disponible de S para las plantas. El ión sulfato tiene carga negativa, de modo que éste no es atraído por las arcillas o la materia orgánica del suelo, es por ello que es fácilmente lixiviable y se mueve con el agua del suelo, de modo que el S aumenta con la profundidad. Es absorbido como anión (SO_4^{-2}), y también puede entrar en la planta por las hojas a través del aire como dióxido de azufre.

✓ **Los micronutrientes** son el B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn, y estos son requeridos por la plantas en pequeñas cantidades, pero la ausencia de alguno puede limitar el crecimiento y los rendimientos del cultivo, incluso pueden producir la muerte de las plantas en condiciones de extrema deficiencia, aun cuando todos los otros nutrientes esenciales se encuentren presentes en cantidades adecuadas (16).

Los síntomas que presentan las plantas cuando los elementos menores, no se encuentran en los suelos, son las hojas amarillas y deformes, pueden ser torcidas, arrugadas, o encrespadas en sus bordes. Cuando se empieza a manifestar dicha deficiencia, se debe aplicarlos en muy pequeñas cantidades, porque en abundancia pueden ser tóxicos (14). La naturaleza y magnitud de la disponibilidad o deficiencia de los nutrientes pueden determinarse por medio de los análisis de suelos y de los tejidos vegetales.

5.3. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

El análisis de suelos permite determinar el grado de fertilidad del mismo. La fertilidad es vital para que un suelo sea productivo, aunque un suelo fértil no necesariamente es productivo, dado a que existen otros factores de tipo físico como el mal drenaje, escasa profundidad, piedra superficial, déficit de humedad y otros, que pueden limitar la producción, aún cuando la fertilidad del suelo sea adecuada. El grado de potencial productivo de un suelo está determinado por sus características químicas y físicas, nombradas anteriormente (23).

El principal objetivo del diagnóstico químico es evaluar la capacidad del suelo para suministrar nutrientes a la planta y con base en una adecuada interpretación, se pueden diagnosticar las deficiencias y/o toxicidades; por lo tanto, se considera un paso esencial para la formulación de recomendaciones de fertilización, tendientes a aplicar los niveles óptimos de correctivos y de nutrientes en el suelo (20). También sirve para monitorear en forma regular los cambios en la fertilidad del suelo, que ocurren como consecuencia de la explotación agrícola y los efectos residuales de la aplicación de fertilizantes (23).

El análisis de fertilidad de suelos consiste en la determinación de textura, pH, materia orgánica, fósforo, potasio y aluminio.

5.3.1. Textura

Algunas de las propiedades que se observan para establecer la clase textural de un suelo al tacto son: la sensación que se produce al frotar la muestra entre los dedos, la facilidad de formar cintas y bolas con la muestra y la firmeza de ellas, así como la adhesividad o pegajosidad de la muestra al ser sometida a compresión entre los dedos y posteriormente al ser liberada esta compresión (17, 25).

Las principales propiedades de los separados del suelo, que resultan útiles para evaluar su textura al tacto se encuentran en el anexo W.

5.3.2. pH

La determinación del pH del suelo por método potenciométrico consiste en medir con un pH – metro una suspensión suelo:agua en proporción 1:1 en peso, ya que es una medida aproximada de la concentración de H^+ del suelo (17, 24, 25).

5.3.3. Materia orgánica

Su determinación se basan en el consumo de un oxidante que actúa sobre el carbono y luego la determinación colorimétrica o volumétrica.

La determinación de materia orgánica en el suelo por método fotométrico de Walkley y Black consiste en tratar el suelo con suficiente dicromato de potasio, que actúa como oxidante en un medio fuertemente ácido, en una proporción determinada.

El calor desprendido por la reacción exotérmica del ácido al diluirse, favorece la acción del dicromato para que oxide la materia orgánica. Se determina el color verde del ácido crómico reducido a 585 nm, el cual es proporcional a la materia orgánica (M.O.) que reacciona. La concentración se determina a partir de una curva de calibración (figura 14) (25).

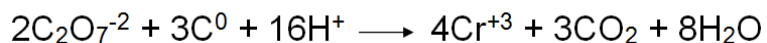


Figura 14. Reacción de oxido reducción que fundamenta el método fotométrico para hallar materia orgánica en el suelo (140).

5.3.4. Fósforo

La determinación de fósforo en suelos por el método Bray y Kurtz II, consiste en hallar el fósforo como fosfato, con una solución extractora de ácido clorhídrico y fluoruro de amonio. El fluoruro de amonio disuelve los fosfatos, debido a la formación de un ión complejo con estos compuestos, cuando se encuentran en solución ácida.

El molibdato de amonio y el tartrato de antimonio y potasio, en medio ácido, reaccionan con los fosfatos para formar ácido fosfomolibdico (figura 15), el cual es reducido por el ácido ascórbico a un complejo de molibdeno de color azul. La intensidad del color azul es proporcional a la concentración de fósforo, que se mide en un espectrofotómetro a 660nm. La concentración se determina a partir de una curva de calibración (25, 26, 27, 56).

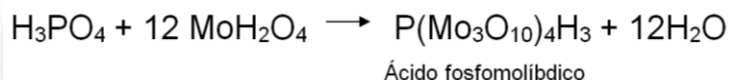


Figura 15. Formación del ácido fosfomolibdico (56).

5.3.5. Bases (K, Ca, Mg)

La determinación de la cantidad de bases, se fundamenta en el equilibrio que se establece entre una solución extractora que suministra cationes y la micela del suelo, donde se efectúa este intercambio. Una solución neutra de acetato de amonio en la cual hay disociación débil, cumple muy bien esta función. Los cationes Ca, K, Mg, que pasan a la solución extractora se determinan posteriormente por espectrofotometría de absorción atómica (25, 26).

Las concentraciones de K, Ca y Mg son determinadas en la misma solución, pero con diferentes curvas de calibración y sus respectivos patrones y lámparas diferentes.

5.3.6. Aluminio

El aluminio solo se encuentra en suelos ácidos ($\text{pH} < 5,2$) y es tóxico para las plantas en exceso (17, 22). Se ha comprobado que los suelos tienen muy poco H^+ intercambiable, y que es el aluminio y no el hidrógeno el responsable de la acidez del suelo, ya que este aluminio intercambiable al pasar a la solución del suelo, reacciona con agua formando hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3$) y H^+ , como se demuestra en las siguientes ecuaciones:

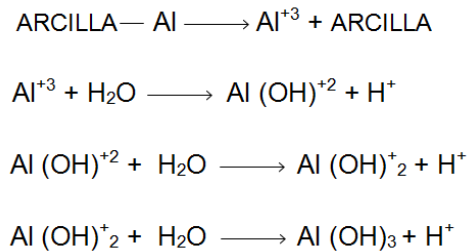


Figura 16. Reacción entre el agua y el aluminio en suelos (56).

Al tratarse con una solución salina neutra de KCl, el potasio entra a reemplazar el H^+ y el Al^{+3} intercambiables, formándose una solución de HCl y AlCl_3 , para ser titulados por una solución de NaOH y fenoftaleína. El aluminio intercambiable o acidez intercambiable equivale al volumen de NaOH gastado para neutralizar la solución de KCl (figura 17) (25, 56).

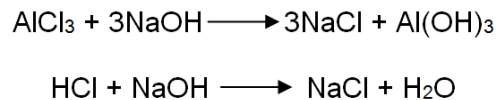


Figura 17. Reacciones de neutralización con hidróxido de sodio, para la determinación de aluminio (56).

5.4. ANALISIS BROMATOLOGICO

Implica la caracterización de los alimentos, haciendo énfasis en la determinación de su composición química, es decir, qué sustancias están presentes en un alimento (proteínas, grasas, minerales, fibras) y en qué cantidades. El análisis bromatológico brinda herramientas que permiten caracterizar un alimento desde el punto de vista nutricional.

Las determinaciones que se realizan en un análisis físico - químico implican una metodología que ha resultado ser muy útil para programas de selección de alimentos básicos en investigaciones agrícolas y en actividades relacionadas con los efectos de conservación y procesamiento, mejoramiento de la calidad proteínica, desarrollo de alimentos de alto valor nutritivo y, entre otros, propósitos de control de calidad (30).

5.4.1. Índice de refracción

La radiación se refracta cuando al incidir de un medio a otro en forma no perpendicular, se desvía de su dirección y cambia su velocidad, como se puede observar en la figura 18.

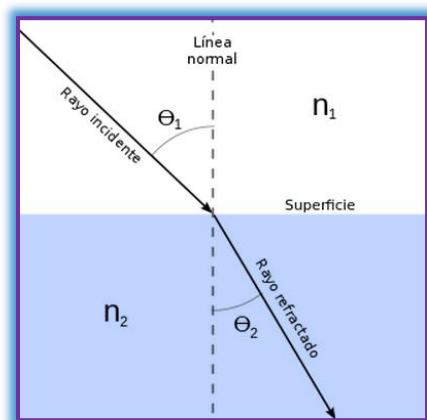


Figura 18. Fenómeno de la refracción: n_1 medio menos denso; n_2 medio más denso; θ_1 ángulo de incidencia; θ_2 ángulo de refracción.

Fuente: <<http://es.wikipedia.org/>>

El índice de refracción (n) no tiene unidades por ser una relación de velocidades $n_1 = \left(\frac{c}{v_1}\right)$, siendo C la constante de la velocidad de la luz (2.9979×10^{10} cm/s), y V_1 la velocidad de la radiación en el medio 1. El índice de refracción varía para muchos líquidos entre 1.3 y 1.8, y en sólidos entre 1.3 y 2.5. Se mide con un refractómetro y generalmente se usa la luz amarilla del sodio de 589 nm, conocida como la línea D del sodio, y a una temperatura de 20°C, esto se simboliza n_D^{20} lo que significa que es un índice de refracción medido a 20°C con la línea del sodio (28, 29).

En caso de no tenerse un sistema termostático que permita estabilizar la temperatura a 20°C, que es la condición ideal, se corrige a 20°C, con la fórmula: $n_D^{20} = n_D^t + 0,0001(t - 20)$, siendo n_D^t el índice de refracción del compuesto medido a la temperatura t , 0,0001 un factor de corrección para el agua, y t es la temperatura de medición (28).

5.4.2. Determinación de Humedad

Según el método de análisis 7.003 (13th edition, 1984) y 930.15 (adaptado 1990) de la Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C.) y la norma mexicana NMX-F-083-1986, se basa en la determinación gravimétrica de la pérdida de masa, de la muestra desecada hasta masa constante en estufa de aire a 105°C (32, 34, 36, 103, 104, 109, 110, 111).

5.4.3. Determinación de Cenizas

Esta determinación, según la A.O.A.C. (7.009, 13th edition, 1984 y 942.05 adaptados 1990) y la norma mexicana NMX-F-066-S-1978, se fundamenta en someter la muestra a combustión entre 550 - 600° C. Así la materia orgánica es oxidada y las cenizas resultantes son consideradas la parte mineral de la muestra analizada (34, 105, 106, 109, 110, 111).

5.4.4. Determinación de Proteína

Según la A.O.A.C. Association of Official Analytical Chemists (13 th edition, 1984), la FAO Food and Nutrition Paper 14/7 (Roma, 1986) y la norma Mexicana NMX-F-068-S-1980, el método de análisis es el Kjeldahl (33, 37, 107, 108). En esta técnica se digieren las proteínas

y otros componentes orgánicos de los alimentos en una mezcla con ácido sulfúrico en presencia de catalizadores. El nitrógeno orgánico total se convierte mediante esta digestión en sulfato de amonio (figura 19). La mezcla digerida se neutraliza con una base y se destila posteriormente (figura 20). El destilado se recoge en una solución de ácido bórico (figura 21). Los aniones del borato, formados se titulan con HCl estandarizado para determinar el nitrógeno contenido en la muestra (figura 22) (30, 31, 35).

Para calcularla proteína por este método, se debe multiplicar el contenido de nitrógeno total obtenido, por un factor específico: *la proteína vegetal se multiplica por 5,7*; la leche por 6,38; la gelatina por 5,55 y para las carnes se multiplica por el factor 6,25.

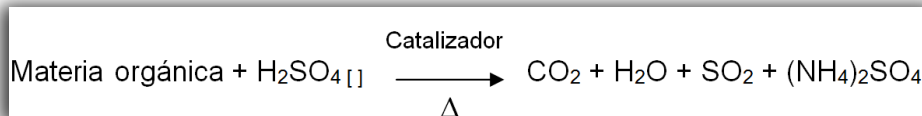


Figura 19. Reacción de oxidación de la materia orgánica, producción de sulfato de amonio (141).

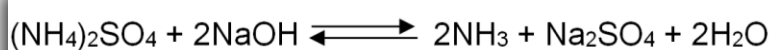


Figura 20. Descomposición del sulfato de amonio a amoniaco (141).



Figura 21. Producción del ion borato (141).

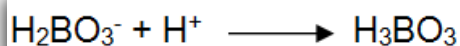


Figura 22. Reacción de neutralización del anión borato con ácido clorhídrico (141).

5.4.5. Determinación de Extracto etéreo o grasa bruta

Los lípidos son compuestos orgánicos que se forman en el metabolismo vegetal y animal, y poseen un elevado valor calorífico. Este conjunto de sustancias incluyen a todos los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, vitaminas liposolubles, los carotenoides, la clorofila y otros pigmentos (30, 31, 35). Son compuestos insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos tales como: el éter, acetona, hexano, alcohol, cloroformo o benceno. Por ello, su propiedad predominante radica en su significativa capacidad para establecer enlaces hidrófobos. Dado este comportamiento, la grasa generalmente se extrae basándose en su miscibilidad en disolventes orgánicos.

Según la A.O.A.C. (7.060/84 y 920.39/90 adaptado), la FAO y la norma mexicana NMX-F-089-S-1978, el método de extracción es el Soxhlet. Este se fundamenta en una extracción semicontinua con un disolvente orgánico, el cual se calienta, se volatiliza y condensa goteando sobre la muestra, quedando sumergida en el disolvente. Posteriormente éste es sifoneado al matraz de calentamiento para empezar de nuevo el proceso. El contenido de grasa se cuantifica por diferencia de peso (32, 105, 110, 111, 112, 113).

5.4.6. Determinación de Fibra bruta

La fibra son compuestos vegetales, es decir, compuestos poliméricos, fibrosos (celulosas, hemiculosas, pectinas) y ligninas (polímeros de fenilpropano), y también lípidos (ceras, cutina) y en parte elementos traza en compuestos no absorbibles. Su determinación se basa la solubilización de los carbohidratos, lípidos y proteínas de la muestra mediante agentes químicos y/o enzimas y los materiales no digeribles se colectan, posteriormente, mediante filtración y el residuo de fibras se determina gravimétricamente.

Según la Norma ICONTEC 668, la norma mexicana NMX-F-090-S-1978 y la A.O.A.C. 7.066/84 y 962.09/90 adaptada, la determinación se basa en la digestión ácida - básica de la muestra seca y libre de grasa, y posteriormente la calcinación a 550°C. El contenido de fibra se halla gravimétricamente. En general se usa ácido sulfúrico 0,255N e hidróxido de sodio 0,313N (30, 35, 105, 109, 111, 114).

5.5. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Este análisis permite conocer la calidad microbiológica de los productos, y de las materias primas que se utilizan en los procesos de elaboración. La pérdida de calidad de un producto, puede ser debido a la presencia de microorganismos patógenos para la salud o de microorganismos que alteren el producto, de tal manera que lo hagan inadecuado para el consumo.

El objetivo principal de los controles microbiológicos, es garantizar al consumidor el abastecimiento de productos salubres e inocuos y evitar así, el deterioro microbiológico de los mismos. Por ello, este análisis busca identificar y cuantificar los microorganismos presentes en un producto, como también la calidad higiénico-sanitaria de un proceso de elaboración de alimentos, lo que permite identificar, aquellas etapas del proceso que puedan favorecer la contaminación del producto (30).

5.5.1. *Aerobios mesófilos*

Los *mesófilos* incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse entre 30 - 40°C, estos se encuentran en casi todos los productos, ya que están ampliamente difundidas en el medio ambiente.

En general el recuento de estos microorganismos permite conocer las condiciones higiénicas de la materia prima, las condiciones de salubridad y manipulación de los alimentos (38). En esta prueba se estima la microbiota total, pero sin especificar tipos de gérmenes, por tanto, un recuento total de aerobios *mesófilos* bajo, no asegura que un alimento este exento de patógenos o sus toxinas; tampoco un recuento total alto significa, presencia de microbiota patógena (44).

El método oficial usado por la AOAC 966.23.C, FDA – BAM 2001 Cap 3, referente a alimentos refrigerados, congelados, precocidos o preparados, y los frutos secos, y la NTC 4833 para productos cosméticos, es el recuento en placa por siembra en profundidad a 35°C \pm 2°C por 48 horas en un medio de cultivo definido (38, 39, 40, 41, 54, 84).

5.5.2. Mohos y levaduras

Los hongos engloban los mohos y las levaduras, son organismos eucarióticos, portadores de esporas, con nutrición por absorción. Los *mohos* son multicelulares filamentosos, cuyo crecimiento en un alimento se reconoce por su aspecto aterciopelado, en cambio las *levaduras* son unicelulares y cuando crecen en los alimentos forman colonias características. Su detección en los alimentos depende del tipo de alimento, los organismos implicados y el grado de invasión. El significado de la contaminación fúngica de los alimentos y productos, especialmente por *mohos*, viene determinado por su capacidad para deteriorar, produciendo defectos en el aspecto, modificaciones químicas, alterando el valor nutricional, variando sus características organolépticas y dificultando su conservación(38, 42, 45).

El recuento de mohos y levaduras es un índice de las condiciones higiénicas de las materias primas y de las condiciones de manipulación. Su determinación según la NTC 4132: 1997 equivalente a la ISO 7954:1987 para alimentos y la NTC 4833 para productos cosméticos, es la técnica de enumeración de colonias a 25°C, que se basa en la siembra en profundidad de un medio de cultivo selectivo determinado, incubando las placas en anaerobiosis a 25°C, durante 5 días (38, 40, 43, 54, 116, 117).

5.5.3. Coliformes totales y fecales

Los *coliformes* son un grupo de bacterias bacilos gram-negativas facultativos. Este grupo está conformado por *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*, que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales. Dentro de este grupo, son los Coliformes fecales los que tienen significado sanitario, ya que la bacteria *Escherichia coli*, forma parte de la flora normal del intestino de animales de sangre caliente y de los humanos. Algunas cepas pueden producir enterotoxinas y otros factores de virulencias de colonización e invasión, por lo cual pueden causar enfermedades. Estos microorganismos fermentan la lactosa a 44,5°C- 45,5°C, produciendo ácido y gas, en un periodo de 48 horas, con una temperatura de incubación entre 30 – 37°C y tienen la facultad para producir indol (46, 42).

Para la determinación de Coliformes totales y fecales según la ISO 4831: 2006 y la Norma Mexicana NOM-112-SSA1-1994, para el recuento de coliformes, se usa como prueba *presuntiva* el método de tubos múltiples (NMP= numero más probable), que es un método estadístico indirecto y solo da recuentos estimados de la población microbiana. Esta técnica se basa en la siembra de tres tubos de medio de enriquecimiento selectivo durante 48 horas a 35° - 37°C; con los resultados positivos/negativos, se lee en la tabla NMP, el número más probable de colonias coliformes que puede tener la muestra por gramo o mililitro (38, 44, 55, 118, 119, 120).

El caldo fluorocult LMX, es un medio selectivo que detecta simultáneamente coliformes totales y *E. coli*. El sustrato cromogénico 5 - bromo-4-cloro-3-indol- β -D-galactopiranoóxido, es exclusivo para coliformes, un cambio de color del caldo de amarillo a azul - verde indica la presencia de coliformes; y el sustrato fluorogénico 4 -metilumbeliferil- β -D-glucurónido, es específico para *E. coli*, una fluorescencia azul bajo luz UV permite su rápida detección. Por la adición del reactivo Kocavs (aminoácido triptófano) se hace posible la reacción del indol, y la formación de un anillo de color rojo, que confirma la presencia de *E. coli* (47, 48, 49, 55).

La prueba presuntiva puede no dar resultados muy claros en algunas ocasiones, es por esto que con las pruebas confirmatorias, una reacción negativa excluye la presencia, mientras que una reacción positiva indica su presencia inequívoca. Para la prueba *confirmatoria* para coliformes fecales, según el manual de técnicas de análisis INVIMA 1998 y la NTC 4833, se usa el agar EMB, y se realizan siembras por agotamiento a una temperatura de incubación de $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ de 24 a 48h. Este es un medio diferencial para el aislamiento y diferenciación de bacterias entéricas gram-negativas. La combinación utilizada de eosina y azul de metileno, inhibe el desarrollo de microorganismos gram-positivos y permite diferenciar bacterias fermentadoras y no fermentadoras de lactosa y/o sacarosa. Las cepas que utilizan la lactosa y/o sacarosa producen colonias púrpura – violetas y rosadas, con/sin centros oscuros, rodeados de una zona incolora; mientras que las que no lo hacen son incoloras, por ejemplo la *Salmonella* y *Shigella* dan colonias incoloras. Las cepas de *Escherichia coli* y *Citrobacter spp.* presentan un característico brillo metálico (figura 23) (50, 54,55).

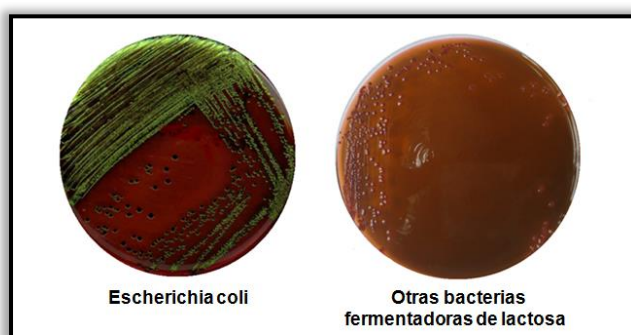


Figura 23. Colonias fermentadoras de lactosa y/o sacarosa en medio EMB.

Fuente: fotografías tomadas y editadas por la autora.

6. METODOLOGIA

6.1. ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Belén de Umbría tiene una temperatura promedio de 22°C, con una precipitación promedio anual de 2177,9 mm, esto debido a su ubicación, ya se encuentra en la parte media de la zona de convergencia intertropical. Presenta variaciones altimétricas desde los 2900 - 1000 m.s.n.m. Se encuentra ubicado en el norte del departamento de Risaralda, con coordenadas geográficas 5° 18" de latitud norte, y 5° 8" de latitud sur, 76° de longitud oeste y 75° 52" de longitud este, a una altura sobre el nivel del mar de 1564 m. Limita por el norte con los municipios de Mistrató y Guática, al sur con los municipios de Apia y Viterbo, al oriente limita con los municipios de Risaralda y Anserma y al occidente con los municipios de Pueblo Rico y Apia (figura 24) (86, 87).

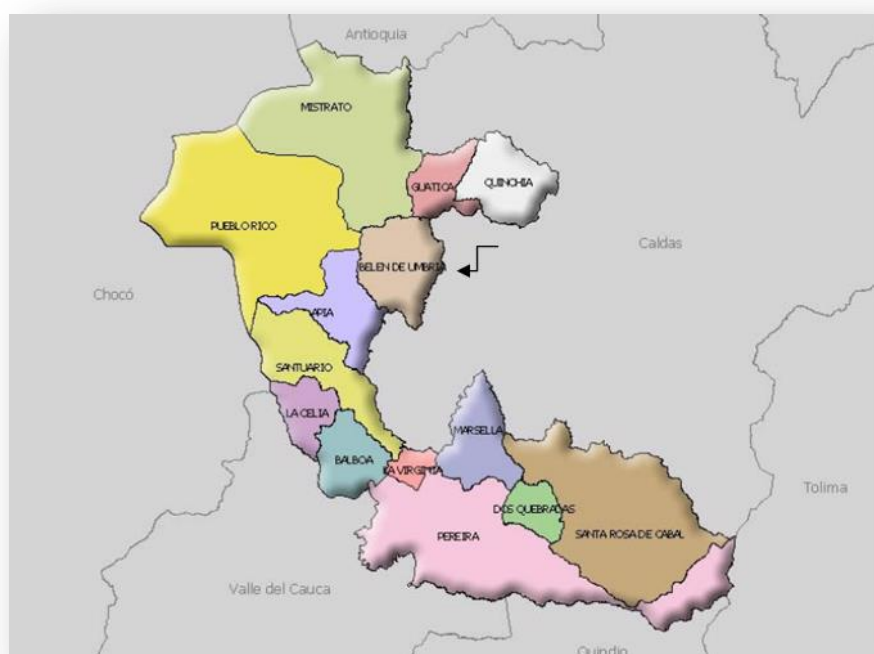


Figura 24. Departamento de Risaralda dividido en municipios.

Fuente: <<http://colombiaparatodos.wikispaces.com/Risaralda>>

Existe gran número de formaciones superficiales, principalmente compuestas de cenizas de origen volcánico, y se caracterizan por poseer suelos de permeabilidad media y localmente baja, de textura arcillosa-limosa, la porosidad primaria es baja y la secundaria es alta (86, 88).

6.2. MUESTREO

El muestreo de hojas y de suelo, se le realizó al cultivo de *Aloe vera* ubicado en el municipio de Belén de Umbría del departamento de Risaralda, en la vereda Cantamonos (figura 25), finca Hediales ubicada a una latitud Norte 5° 11' 57" N y una longitud Oeste 75° 51' 1" W con una altitud entre 1831msnm y 1869 msnm, a una temperatura promedio de 22°C y con una precipitación promedio anual de 2177,9 mm (86).

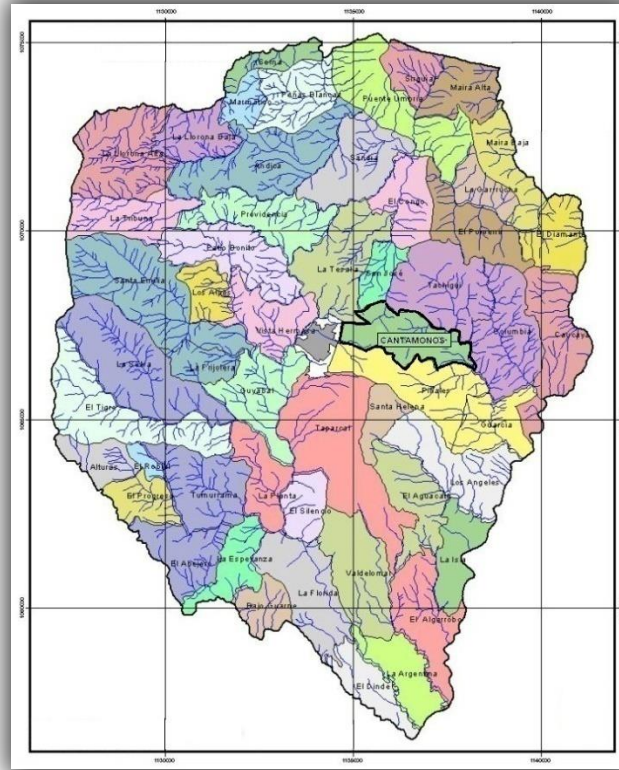


Figura 25. Mapa veredas del municipio de Belén de Umbría.

Fuente: gobernación de Risaralda 2002.



Figura 26. División del sector cultivado de la finca Hediales.

1. Sector cultivado por plantas de Aloe vera adultas de 2 años, muestreado dividiendo el sector en zig-zag.
2. Sector cultivado por plantas de Aloe vera con 16 meses.
3. Sector cultivado por plantas de café.
4. Sector cultivado por plantas de lulo.

Fuente: Fotografía tomada y editada por la autora.

El sector cultivado de la finca, está dividido en 4 sectores como se puede ver en la figura 26. El primer sector se encuentra cultivado con plantas de *Aloe vera* adultas de interés. En el segundo sector, las plantas de *Aloe vera* con 16 meses y en el sector 3 y 4, se encuentran sembradas plantas de café y de lulo. Por lo anterior, el sector muestreado solo fue el primer sector, en donde se encuentran las plantas de *Aloe vera* adultas, ya que son las que están

listas para la cosecha, debido a que a esta edad alcanzan la concentración necesaria de polisacáridos.

6.2.1. Muestras de suelos

El muestreo se realizó siguiendo el método de muestreo de Cenicafé (25, 51, 52, 53). Se tomaron submuestras del terreno cultivado por plantas de 2 años hasta obtener 5 Kg de tierra; esto se realizó haciendo un recorrido en zig-zag por el terreno, tomando de cada punto una muestra de *Aloe* y una submuestra de suelo (figura 26). Primero se limpió la superficie del terreno y se realizó un hueco en forma de “V” de una profundidad de 20cm, con una pala, desechando los extremos (20, 21, 23, 56).

Después de haber sido homogenizado, se seleccionó 1 Kg de suelo extraído de las submuestras tomadas del lote y fue enviado al laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira a temperatura ambiente en bolsas de polietileno. Posteriormente allí fueron realizados los análisis respectivos a la muestra.

6.2.2. Muestras de *Aloe vera*

El muestreo se realizó haciendo un recorrido en zig-zag por el terreno cultivado por plantas de 2 años, como se puede ver en la figura 26, tomando de cada punto una muestra de *Aloe vera*. La recolección se realizó con sumo cuidado a las hojas maduras (72, 76). Esto se realizó manualmente, realizando un pequeño corte a cada lado de la cutícula y se efectuó un leve tirón, desprendiéndola penca sin daño alguno (70, 72).

Las muestras fueron transportadas en bolsas plásticas hasta el laboratorio de Oleoquímica de la Universidad Tecnológica de Pereira a temperatura ambiente.

Las muestras de las hojas de *Aloe vera* se dejaron en reposo de un día para otro, para que no hubiese un cambio brusco en la temperatura. Pasado un día, fueron lavadas con tego 51 para una mejor preservación de la muestra, puesto que es un desinfectante anfótero usado para el lavado de alimentos que detiene el crecimiento de bacterias. Finalmente las hojas fueron conservadas a una temperatura de 5°C.

6.3. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELOS

La muestra de suelos fue secada a una temperatura de 60°C en un horno de calentamiento durante 24h, y se pasó por un tamiz de 2 mm; posteriormente se realizaron los siguientes análisis en el laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira, siguiendo la metodología usada en el laboratorio de Química de Cenicafé (tabla 4).

METODOLOGÍA	
PRUEBA	MÉTODO
TEXTURA	Determinación al tacto, en diferentes estados de humedad (17, 25).
pH	Método potenciométrico en una suspensión suelo en agua 1:1 (masa/volumen)/ agitación 1h/pH– metro Fisher Scientific Accumet Basic AB15(figura 27) (17, 25, 26, 56).
MATERIA ORGÁNICA	Método fotométrico de Walkley y Black/Espectrofotómetro U.V – VIS Perkin Elmer Lambda 3B a 585 nm (25, 56).
FÓSFORO	Método fotométrico Bray y Kurtz II/Espectrofotómetro U.V – VIS Perkin Elmer Lambda 3B a 660 nm (figura 27)(25, 26, 56).
BASES (K, Mg, Ca)	Espectrofotometría de absorción atómica/Solución extractora de acetato de amonio/ Espectrómetro Solaar Unicam M Sepies(figura 27)(25, 26, 56).
ALUMINIO	Método volumétrico/Solución extractora de KCl/ titulación con NaOH (25, 56).

Tabla 4. Metodologías utilizadas para el análisis de fertilidad de suelos, realizado en el laboratorio de suelos de la universidad tecnológica, de acuerdo a las metodologías usadas en el laboratorio Químico de Cenicafé.

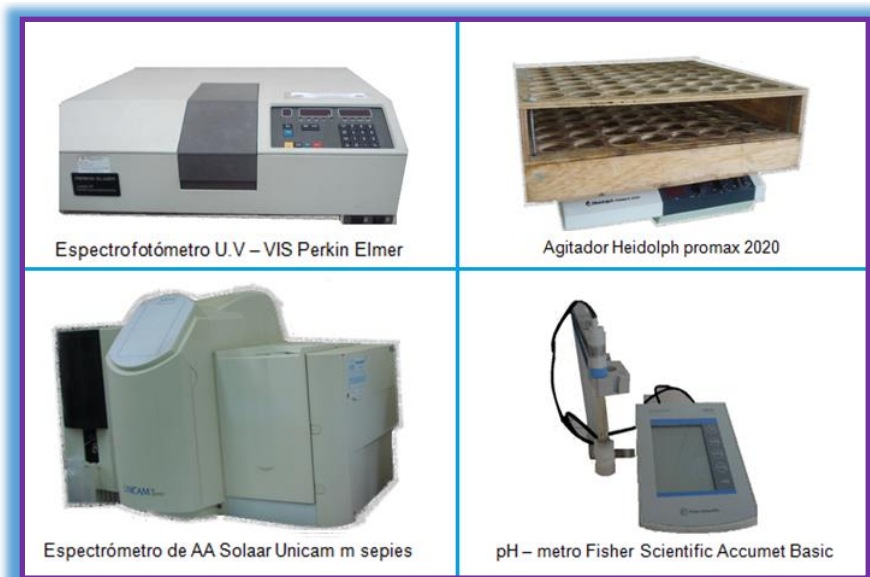


Figura 27. Equipos usados para el análisis de fertilidad de suelos.

Fuente: Fotografías tomadas y editadas por la autora.

6.4. ANALISIS BROMATOLÓGICO

Este análisis se realizó en el laboratorio de Oleoquímica de la Universidad Tecnológica de Pereira, siguiendo las metodologías oficiales de la A.O.A.C., la FAO, las normas mexicanas y las ICONTEC (tabla 5). Estos análisis se realizaron por triplicado, y con sus respectivos resultados un análisis estadístico de varianza.

PRUEBA	METODOLOGÍA
HUMEDAD	A.O.A.C 7.003/84 y 930.15/90 adaptado, y la norma mexicana NMX-F-083-1986.
CENIZAS	A.O.A.C. 7.009/84 y 942.05/90 adaptado, y la norma mexicana NMX-F-066-S-1978
PROTEÍNA	A.O.A.C. (13 th edition, 1984), la FAO Food and Nutrition Paper 14/7 (Roma, 1986) y la norma Mexicana NMX-F-068-S-1980.
EXTRACTO ETÉRÉO	A.O.A.C 7.060/84 y 920.39/90 adaptado y la norma mexicana NMX-F-089-S-1978
FIBRA	A.O.A.C. 7.066/84 y 962.09/90 adaptada, norma ICONTEC 668, y la norma mexicana NMX-F-090-S-1978

Tabla 5. Metodologías utilizadas para el análisis proximal realizado al mucilago de *Aloe vera*.

6.4.1. Índice de refracción

Este parámetro se midió directamente al mucilago con un refractómetro Fisher Scientific (figura 28), con la línea del sodio a 589 nm a una temperatura de 25°C y corregido a 20°C (28, 29).



Figura 28. Equipos utilizados en el análisis bromatológico.

Fuente: Fotografías tomadas y editadas por la autora.

6.4.2. pH

Este parámetro se midió con un pH – metro Fisher Scientific Accumet Basic AB15 debidamente calibrado con soluciones buffer de pH 7,0 y 4,0 respectivamente (figura 27). Para tener una mayor superficie de contacto con el electrodo el gel de *Aloe vera* fue licuado e inmediatamente se midió el pH (32).

6.4.3. Humedad

Se realizó por determinación gravimétrica. Se tomó la muestra y se llevó a una estufa Binder a 105°C, hasta que se obtuvo un peso constante (30, 31, 32, 33, 34, 103, 104). Se determinó según el método de análisis oficial de la A.O.A.C. 7.003/84 y 930.15/90 adaptado y la norma mexicana (NMX-F-083-1986) (32, 34, 36, 103, 104, 109, 110, 111).

6.4.4. Cenizas

Se determinó el residuo inorgánico del mucilago, según la A.O.A.C. (1975) y la norma mexicana NMX-F-066-S-1978, utilizando la técnica de calcinación a 550°C en una mufla Vulcan TM 3 – 550 NEY (figura 28) durante 5 horas, hasta que se obtuvo cenizas blancas. El resultado se obtuvo por diferencia de peso (34, 105, 106, 109, 110, 111).

6.4.5. Proteína

Se realizó por el método de Kjeldahl, siguiendo la A.O.A.C. Association of Official Agricultural Chemists (13th edition, 1984), la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) Food and Nutrition Paper 14/7 (Roma, 1986) y la norma Mexicana NMX-F-068-S-1980 (33, 37, 107, 108).

Se realizó una digestión con ácido sulfúrico concentrado y con un catalizador de Se, posteriormente la solución se destiló con hidróxido de sodio 40% en exceso, recogiendo el amoníaco en solución de ácido bórico. Por último el borato de amonio se tituló con una solución estandarizada de ácido clorhídrico 0,01N (30, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 107, 108, 109). Para esta determinación fue utilizado un digestor DK 6 Velp Scientífica y un destilador automático UDK 142 Automatic Distillation Unit Velp Scientífica (figura 28).

6.4.6. Extracto etéreo o grasa bruta

Se realizó según la A.O.A.C. (7.060/84 y 920.39/90 adaptado), la FAO y la norma mexicana NMX-F-089-S-1978, la extracción a la muestra deshidratada en un equipo de extracción Soxhlet Selecta Det – Gras N con n-Hexano (figura 28), y se determinó gravimétricamente el extracto seco que representa los lípidos de la muestra (32, 105, 110, 111, 112, 113).

6.4.7. Fibra bruta

La muestra desengrasada se digestó con ácido sulfúrico 0,255N y posteriormente con hidróxido de sodio 0,313N. Luego se incineró el producto insoluble obtenido entre 550 - 600°C. La determinación de la fibra se halló gravimétricamente según la Norma ICONTEC 668, la A.O.A.C. 7.066/84 y 962.09/90 adaptada, y la norma mexicana NMX-F-090-S-1978

Esta determinación se realizó en el laboratorio de suelos de la UTP, en un equipo Fibertec System M 1020 Hot Extractor Tecator (figura 28) (30, 35, 105, 109, 111, 114).

6.5. ANALISIS MICROBIOLÓGICO

Para este análisis se tuvieron en cuenta las siguientes metodologías mencionadas en la tabla 6 (39, 40, 41, 43, 50, 54, 85, 115, 116, 117, 118, 119, 120).

METODOLOGÍA		
Diluciones		ISO 6887 – 1:1999, NTC 4491-1: 2005 y NTC 4833: 2004.
Aeróbiosmesófilos	Recuento en placa	A.O.A.C.966.23.C: 2000. Cap 17, Subcap 2; FDA - BAM: Cap 3. 2001 y NTC 4833: 2004.
Mohos y levaduras	Recuento en placa	ISO 7954:1987, NTC 4132: 1997-05-28 y NTC 4833: 2004.
Coliformes totales y fecales	Presuntiva: Técnica del número más probable (NMP).	ISO 4831:2006 y Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994.
	Confirmatoria: siembra por agotamiento en agar EMB.	INVIMA 1998 y la NTC 4833: 2004.

Tabla 6. Metodología del análisis microbiológico.

Se tomaron 10g del mucilago de *Aloe vera* y 90 mL de agua peptonada en bolsas estériles y se mezclaron con el homogeneizador Stomacher 400 circulator de Seward (figura 30), obteniendo la solución madre 10^{-1} . De esta solución se tomó un mililitro y se mezcló con nueve partes del diluyente, siendo la segunda dilución 10^{-2} y así mismo se realizó la última 10^{-3} (figura 29) (54, 55, 85, 115). Las siembras se hicieron por triplicado para cada dilución, a tres muestras diferentes.

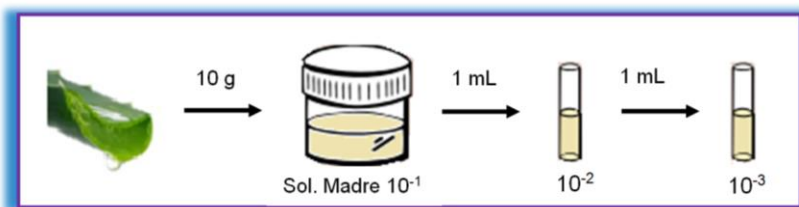


Figura 29. Esquema para realizar diluciones 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} .

Fuente: Tomadas del Manual básico de microbiología, Cultimed de Panreac y editadas por la autora.



Figura 30. Equipo homogeneizador Stomacher 400 circulator de Seward.

Fuente: Fotografía tomada por la autora.

6.5.1. *Aerobios mesófilos*

Para este procedimiento se usó el método estándar de recuento en placa, por siembra en profundidad en agar Plate Count incubadas a una temperatura de $35 \pm 2^\circ\text{C}$ (figura 31) (39, 40, 41, 54, 55).

6.5.2. *Hongos y levaduras*

La siembra se realizó por profundidad en agar PDA (papa dextrosa), a una temperatura de 25°C por 5 - 8 días (figura 31) (40, 43, 44, 54, 55, 116, 117).

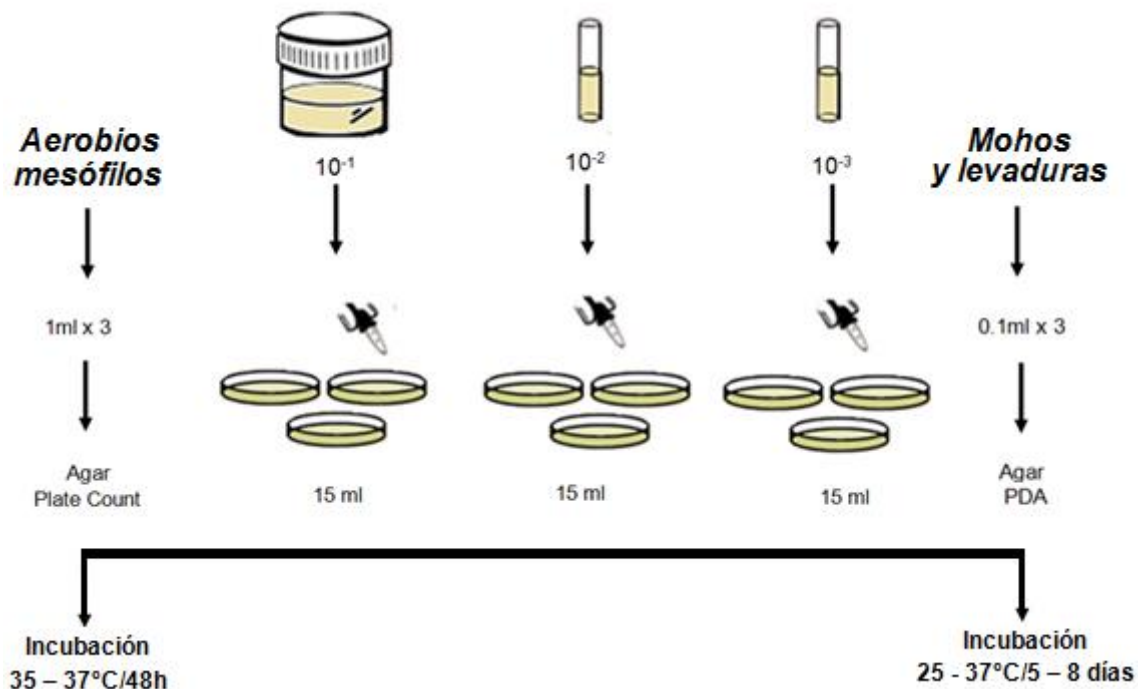


Figura 31. Esquema para recuento de *Aerobios mesófilos* y de *mohos y levaduras*.

Fuente: Tomadas del Manual básico de microbiología, Cultimed de Panreac y editadas por la autora.

6.5.3. *Coliformes fecales y totales*

Como prueba presuntiva se utilizó el método de número más probable (NMP). Se sembró 1 mL de las disoluciones de 10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3} en tres tubos con 9 mL de caldo fluorocult LMX, se incubaron de $35 - 37^\circ\text{C}$ por 48 horas. Con los resultados positivos/negativos, se lee en la tabla NMP, el número más probable de colonias coliformes que puede tener la muestra por gramo o mililitro (44, 55, 118, 119, 120).

Para determinar la presencia de *E. coli*, se expusieron los tubos positivos para coliformes bajo luz ultravioleta, y se tomó aleatoriamente un tubo de cada dilución, para realizar la prueba confirmatoria para *E. coli*, sembrando por agotamiento en agar Eosina Azul de Metileno EMB por 48 horas a $35 - 37^\circ\text{C}$, seguido de la prueba de indol con el reactivo de Kovacs, (figura 32) (40, 47, 50, 54, 55).

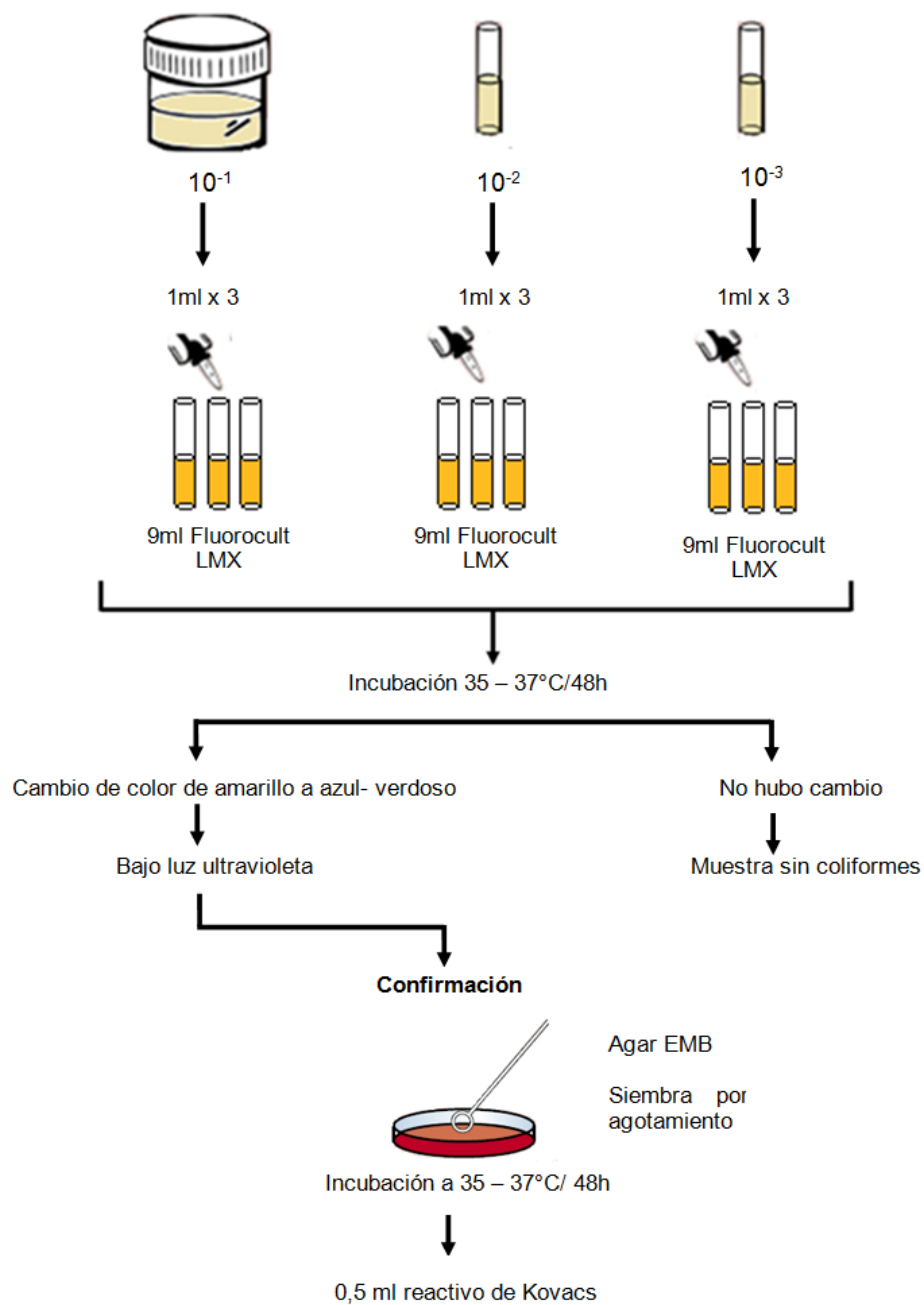


Figura 32. Recuento *coliformes* totales y fecales por método del NMP.

Fuente: Tomadas del Manual básico de microbiología, Cultimed de Panreac y editadas por la autora.

6.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis bromatológico se realizó por triplicado, por ello, se analizaron los datos por medio de un análisis estadístico de varianza, a través de medidas estadísticas de tendencia central y de dispersión, utilizando el software de Microsoft Office Excel 2007.

Para el análisis de fertilidad de suelos, se reportó la incertidumbre del método utilizado en el laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1. DESCRIPCIÓN DEL CULTIVO

El cultivo de *Aloe vera* se encuentra ubicado en el municipio de Belén de Umbría del departamento de Risaralda, en la vereda Cantamonos, finca Hediales.

La finca cuenta con 2500 plantas de *Aloe vera* (0,25 Ha sembradas) traídas de Cundinamarca, 1500 plantas de 2 años y 1000 de 16 meses de cultivadas. El cultivo se abonó con pulpa descompuesta de café en el momento de la siembra, y se deshierba cada 4 meses a mano y con machete.



Figura 33. Sector cultivado de la Finca Hediales.

1. Cultivo de *Aloe vera* de 2 años. 2. Cultivo de *Aloe vera* con 16 meses. 3. Cultivo de café. 4. Cultivo de lulo. 5. Sombra en horas de la tarde.

Fuente: Fotografía tomada y editada por la autora.

El sector cultivado de la finca se compone por 4 zonas: la zona 1, en donde están sembradas las plantas de *Aloe vera* de 2 años; la zona 2, en donde se encuentran sembradas las de 16 meses, y las zonas 3 y 4, donde hay cultivos de café y de lulo señaladas en la figura 33.

El terreno cultivado por plantas de 2 años, es inclinado como se puede ver en la figura 34, por ello se presenta un buen drenaje; sin embargo, el suelo puede erosionarse fácilmente, y provocar la degradación de la estructura del suelo, pérdida del suelo y arrastrar nutrientes en solución, por medio de la escorrentía y la percolación de las aguas lluvias (60, 64, 72, 121).



Figura 34. Área cultivada por plantas de 2 años (terreno inclinado).

Fuente: Fotografía tomada por la autora.

La mayoría de las plantas de 2 años presentaron inflorescencia y malezas a su alrededor (figura 35 y 36), estas pueden ser desfavorables para el cultivo, ya que cuando hay presencia de malezas, pueden competir por nutrientes, agua, luz y espacio, también crear un ambiente húmedo y provocar el desarrollo de enfermedades (72, 74). Además, cuando se presenta inflorescencia, el acíbar puede pasar al tallo, haciendo que las hojas queden con menos cantidad, y por consiguiente que sea susceptible al ataque de plagas.



Figura 35. Plantas de *Aloe vera* (2 años) del cultivo de la finca Hediales con florescencia.

Fuente: Fotografía tomada por la autora.

También se pudo observar que alrededor del cultivo de *Aloe vera* habían 12 árboles sembrados, solo dos de ellos frondosos, debido a esto en la parte central del cultivo de *Aloe*, se presenta sombra en horas de la tarde, las demás plantas reciben el sol directamente (ver la zona 5 en la figura 33); Sin embargo no se encontraron diferencias físicas entre las plantas que recibían sombra y las que no. Las pencas se encontraban en buen estado, sin resequedad, coloración marrón, ni manchas, esto puede ser indicativo de que las plantas reciben la energía solar suficiente, para realizar su proceso de

fotosíntesis (60, 67, 70). Los árboles alrededor del cultivo pueden mejorar la erosión del terreno cultivado, evitando así, el arrastre del suelo, por medio de sus raíces.



Figura 36. Maleza alrededor de las plantas de *Aloe vera*.

Fuente: Fotografía tomada por la autora.

7.2. ANÁLISIS DE FERTILIDAD DE SUELO

Los análisis de fertilidad realizados al suelo proveniente del cultivo de *Aloe vera* de la finca Hediales, en la vereda Cantamonos de Belén de Umbria, fueron hechos en el laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica de Pereira (ver anexo M), los resultados se presentan en la tabla 7.

	Textura	pH	% N	% M.O.	P	K	Ca	Mg	Al
						meq/100g suelo			
Belén de umbría	*FL	5,4	0,6	16	2 ppm	0,48	1,1	0,5	....
		± 0,018	± 0,457913		± 0,5998	± 0,05	± 0,09	± 0,05	....
Mistrató	*F	5,7	0,3	6,1	2 ppm	0,39	14,1	4,4	....
Clasificación	Media	Muy Ácido	Nivel alto	Nivel alto	Nivel bajo	Nivel alto	Nivel bajo	Nivel bajo	....

*FL – Franco limoso; * F – franco.

Tabla 7. Análisis de fertilidad de suelos del cultivo de *Aloe vera* de la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbria (12, 22, 20, 93, 98).

Nutrientes		CATEGORIAS		
		Bajo	Medio	Alto
meq/100g	Ca	< 3,0	3,0 - 6,0	> 6,0
	Mg	< 1,5	1,5 - 2,5	> 2,5
	K	< 0,2	0,2 - 0,4	> 0,4
%	N	0,1 - 0,15	0,15 - 0,25	0,25 - 0,3
	M.O.	< 5	5 – 10	> 10
ppm	P	< 20,0	20,0 - 40,0	> 40,0
pH		Ácido <5,5 - 5, 9	Neutro 6,0 - 7,3	Alcalino 7, 4 – >8

Tabla 8. Clasificación del suelo, según los datos teóricos para cada parámetro (22, 20, 93, 98).

Según los estudios realizados en el departamento de Risaralda, las plantas de *Aloe vera* con mejores características en la región, fueron las cultivadas en el municipio de Mistrató, finca La Magdalena; con mayor contenido en ingredientes activos, como en antraquinonas, cromonas, azúcares, y en vitaminas A, E y C (142, 143, 144, 145). Teniendo en cuenta que fueron las plantas con mejor calidad del gel en la región, se incluyen en la tabla 7, los resultados de los análisis de suelos realizados al cultivo de *Aloe vera* en Mistrató (12), tomándose como referente el suelo para el *Aloe* en el departamento. Sin embargo, se debe resaltar que la cantidad y la calidad de los componentes en la planta, como los ingredientes activos, no dependen solo de los suelos, sino de toda la oferta ambiental.

7.2.1. Textura

El cultivo de *Aloe vera* en la finca Hediales de Belén de Umbría, presentó un suelo con textura franco limoso (FL), con una retención de humedad de 58% a 15 atm, y una porosidad de 83%, lo que significa que es un suelo que permite el paso del agua y su infiltración, con buen drenaje y aireación, características que benefician al cultivo de *Aloe vera* (72). El suelo presentó una textura media, al igual que el suelo de Guática, ideales para el cultivo del *Aloe* (tabla 7), ya que tienen porosidad media y por ello los nutrientes en solución están disponibles para ser absorbidos por la planta (14, 16).

Un porcentaje de porosidad alto, es significativo de un buen suministro de oxígeno, que a su vez, ayuda a la formación del sistema radicular, que es el encargado de la absorción de agua y nutrientes para las plantas (16).

7.2.2. pH

De acuerdo a los niveles críticos o de referencia vistos en la tabla 8, el suelo se cataloga como muy ácido con un $pH = 5,4 \pm 0,018$ (20, 93, 98). Aunque teóricamente se clasifica como un suelo ácido, al compararlo con los estudios de suelo realizados en la zona, se encuentra dentro de lo normal para la zona cafetera, además se encuentra muy cercano al reportado por la zona de Mistrató (figura 37) ($pH = 5,7$). Sin embargo, se debe tener en cuenta que los suelos ideales para el *Aloe vera* son los suelos ligeramente alcalinos, porque

puede haber proliferación de fitopatógenos como hongos y bacterias que atacan a la planta, en los ácidos, no obstante, no se evidenció su presencia (60, 65).

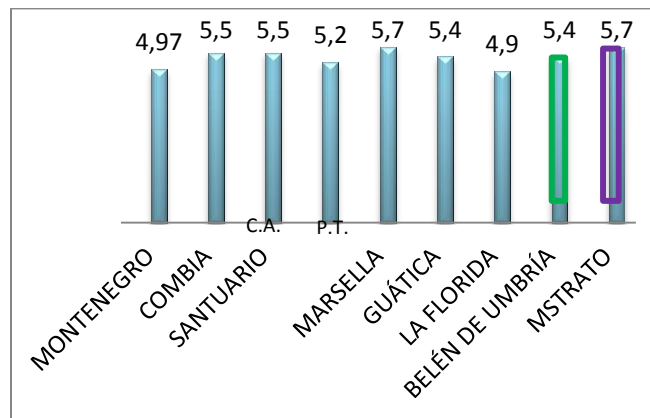


Figura 37. Comparación del pH del suelo en el Eje cafetero (4, 8, 9, 10, 11, 12).
C.A. – Campo alegre; P.T. – pite tierra

También puede traer como consecuencia la poca disponibilidad de nutrientes como N, P, Ca, Mg y K (ver anexo U), y esta pudo haber sido una razón, por la cual el suelo presentó baja cantidad de minerales en Ca, Mg y P. Sin embargo se pudo evidenciar que nutrientes como el N y el K, tuvieron un alto nivel (tabla 7).

El pH ácido ($5,4 \pm 0,018$) del suelo, se pudo deber a la alta pluviometría que se presenta en este municipio, ya que el agua que pasa a través del suelo, lixivia los nutrientes básicos, como el Ca y Mg, que se encontraban en bajas cantidades (Ca $1,1 \pm 0,09$ meq/100g suelo, Mg $0,5 \pm 0,05$ meq/100g suelo) (tabla 7), reduciendo su participación en el complejo de intercambio (13, 16, 17). La materia orgánica también pudo contribuir al pH ácido, si se componía de ácidos orgánicos, que pueden disociarse y liberar hidronios (17).

7.2.3. Materia orgánica

Los porcentajes de materia orgánica $16 \pm 0,457913\%$ y de nitrógeno $0,6 \pm 0,457913\%$ en los suelos cultivados, son clasificados según los valores de referencia vistos en la tabla 8, como suelos con altos niveles de M.O. y N (20, 93, 98).

Aunque el contenido de materia orgánica del suelo en Belén de Umbría sobrepasa en gran manera al de Mistrató (figura 39), se puede inferir que no está aportando cantidades significativas de Ca, Mg, y P al suelo, ya que se encontraron bajas cantidades de estos nutrientes Ca $1,1 \pm 0,09$ meq/100g suelo, Mg $0,5 \pm 0,05$ meq/100g suelo y P $2 \pm 0,5998$ ppm; esto puede ser indicativo de que el proceso de descomposición de la materia orgánica es muy lento (16, 92).

7.2.4. Fósforo

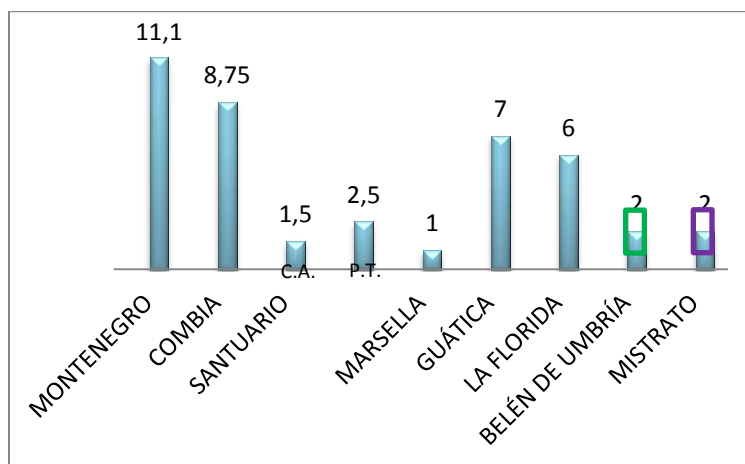


Figura 38. Comparación del fósforo en el suelo con los del Eje cafetero (4, 8, 9, 10, 11, 12).

C.A. – Campo alegre; P.T. – pite tierra

La concentración de fósforo fue de $2 \pm 0,5998$ ppm, según los datos de referencia, se clasifica como nivel bajo (tabla 8). Sin embargo según el referente de suelo de Mistrató, se obtuvo la misma cantidad en este nutriente, además, en la figura 38, se puede ver que en general los suelos del Eje cafetero tienen un nivel de fósforo entre 1 – 11,1 ppm, encontrándose dentro del rango.

El pH del suelo, es un factor que determina la disponibilidad de este nutriente en el suelo, como se puede ver en el anexo U, y por esto pudo presentarse en bajas cantidades, al igual que en otros estudios realizados en los municipios de Risaralda (4, 8, 9, 10, 11, 12, 17, 18, 22, 94) (figura 38). Además, el pH del suelo ácido, puede hacer que la descomposición de la materia orgánica (alto nivel) se ralentice, y el aporte de fósforo que se esperaría de parte de la misma no se evidencie, como en este caso (16, 21).

Este nutriente no afecta significativamente en el desarrollo del *Aloe* y en la calidad del gel de la misma, ya que la planta puede adaptarse a suelos con deficiencia en el mismo, como ocurre en el cultivo de Mistrató (142, 143, 144, 145).

7.2.5. Bases (K, Ca, Mg)

7.2.5.1. Potasio

El suelo presentó un alto contenido de potasio con un valor de $0.48 \pm 0,05$ meq/100g de acuerdo a lo reportado teóricamente (tabla 8), además este valor se encuentra muy cercano al referente de suelo de Mistrató (figura 39). Este contenido es favorable para cualquier cultivo, pero en especial para las plantas de *Aloe vera*, ya que las hace resistentes a climas fuertes y a enfermedades (16, 22). Sin embargo, es importante tener en cuenta que si se fertiliza excesivamente con potasio, ocurre una deficiencia de calcio y magnesio, y viceversa; por ello se debe mantener esta concentración, no aplicando fertilizante en exceso, evitando los desbalances.

7.2.5.2. Calcio

Según los datos de referencia, el suelo analizado es pobre en Ca con una concentración de $1,1 \pm 0,09$ meq/100g suelo (tabla 8). Como se puede ver en la figura 39, existe una diferencia significativa en el contenido de Ca, siendo el de Mistrató 13 veces mayor (14,1 meq/100g), que el de Belén de Umbría. El bajo contenido en este nutriente, se puede deber al pH ácido del suelo de la finca Hediales, perdiéndose el Ca y el Mg por lixiviación, y haciendo que los hidrogeniones no permitan el intercambio (13, 16, 17, 18, 22).

7.2.5.3. Magnesio

El contenido de Mg en los suelos de la finca Hediales fue bajo con $0,5 \pm 0,05$ meq/100g, según los datos de referencia (tabla 8). Además, en la figura 39 se puede ver claramente que los suelos de Mistrató contienen un alto contenido de Mg, en comparación con los de la finca Hediales en Belén de Umbría. Esta deficiencia aparece en suelos ácidos o cuando se tienen altas dosis de potasio, como se presentó en el suelo analizado. La carencia de este nutriente podría provocar una coloración amarillenta, bronceada o rojiza en las hojas, hasta llegar a marchitez y caerse, puesto que el Mg es el principal componente de la clorofila (16, 22).

En general los suelos contienen menos Mg que Ca, debido a que el Mg es más soluble y por lo tanto es más lixiviable, esta afirmación se pudo comprobar en el suelo de análisis (Ca $1,1 \pm 0,09$ meq/100g suelo y Mg $0,5 \pm 0,05$ meq/100g) (22).

Al determinar las relaciones de las bases (Ca, Mg y K) en los suelos cultivados por *Aloe vera* en la finca Hediales, se pudo analizar que en el suelo había un desbalance entre las bases intercambiables, teniendo baja cantidad de Ca y Mg, con relación a la cantidad de potasio presente en el suelo (ver anexo H) (95). Las relaciones Ca/K y Mg/K fueron desproporcionadas, siendo bajas con respecto a lo ideal (tabla 9), ya que el potasio se encontraba en mayor proporción. Por esto, el bajo contenido en Ca y Mg evidenciado, pudo haber sido causado por este desbalance, ya que el K presentó un alto nivel de $0,48 \pm 0,05$ meq/100g (tabla 9) (22).

Relación	Resultado	Balance teórico
Ca/Mg	2,2	2,1 - 5
Ca/K	2,3	5,1 - 25
Mg/K	1,0	2,6 - 15
(Ca + Mg)/K	3,3	10,1 - 40

Tabla 9. Relación entre Ca, Mg y K en el análisis realizado a los suelos del cultivo de *Aloe vera* de la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbría.

7.2.6. Aluminio

El aluminio está presente de manera apreciativa en suelos con pH menor a 5,2, y como el suelo analizado tuvo un pH = $5,4 \pm 0,018$, no se le realizó el análisis, ver anexo U.

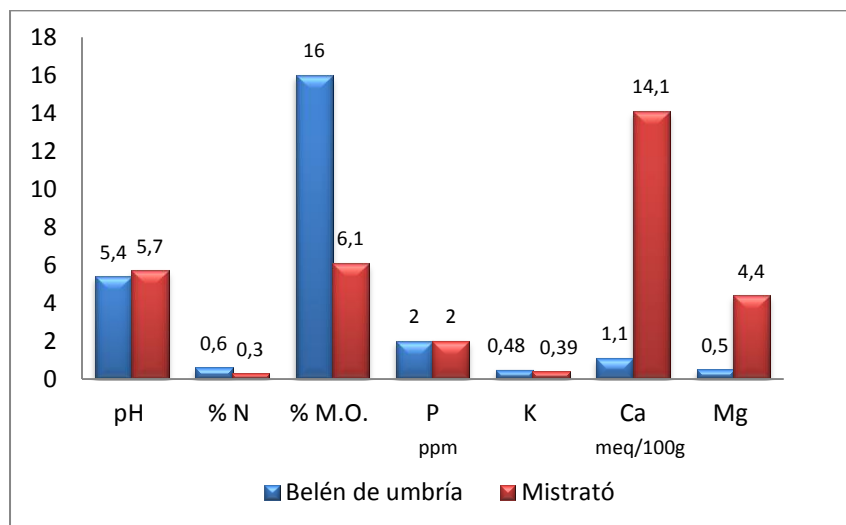


Figura 39. Comparación de los parámetros del suelo con el referente (12).

En síntesis, el suelo de la finca Hediales, se diferenció significativamente por su alto contenido en materia orgánica ($16 \pm 0,457913\%$) y por sus bajos contenidos en Calcio y Magnesio ($\text{Ca } 1,1 \pm 0,09 \text{ meq/100g}$ suelo y $\text{Mg } 0,5 \pm 0,05 \text{ meq/100g}$) (figura 39), con el del referente de suelos de Mistrató para plantas de *Aloe vera* cultivadas en el departamento de Risaralda.

7.3. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Los análisis físico-químicos realizados al mucílago de *Aloe vera* proveniente de la finca Hediales en Belén de Umbría, se desarrollaron haciendo ensayos por triplicado para cada prueba. Los resultados se pueden ver consignados en la tabla 10.

Ensayo	pH	Índice de refracción 20°C	% Humedad	% Cenizas	% Proteína	% Grasa	% Fibra
1	4,64	1,3355	98,62	0,0865	0,0388	0,24	0,74
2	4,64	1,336	98,85	0,12	0,0416	0,183	0,39
3	4,54	1,3355	98,5	0,21	0,0428	0,27	0,81
Media	4,61	1,3357	98,66	0,1388	0,0410	0,231	0,65
D.E.	0,0577	0,0003	0,1778	0,0638	0,0017	0,0442	0,225

Tabla 10. Análisis bromatológico realizado al mucílago de *Aloe vera* de la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbría.

De acuerdo con el programa de certificación establecido por el *International Aloe Science Council* (IASC), el gel de *Aloe vera* tiene los estándares presentes en el anexo A (122). Según lo anterior, el pH (4,61) y el porcentaje de humedad (98,6) del gel de *Aloe vera* de Belén de Umbría entran en los rangos propuestos por el programa.

Según estudios realizados al gel de *Aloe vera* en las regiones de Risaralda y Quindío (4, 8, 9, 10, 11,12), el pH (4,61 D.E. 0,0577) del gel de *Aloe vera* cultivado en Belén de Umbría, es similar al obtenido en Guática (pH 4,79 (12). Este fue cercano al límite inferior del rango propuesto para los estudios en la región (4,7 – 6,37) (11, 12), y se cataloga como un gel ácido (4, 80) (Anexo D).

El porcentaje en cenizas del gel (0,1388% D.E. 0,0638) también se acercó al obtenido en Guática 0,13% como se puede ver en la figura 40, y se encontró en un punto intermedio en el rango (0,0045% – 0,353%) de los estudios realizados en la zona.

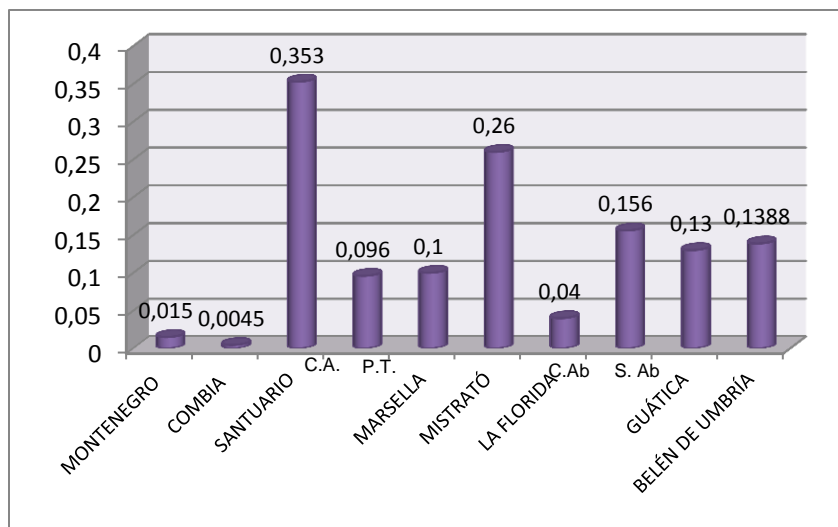


Figura 40. Comparación en el contenido de cenizas, con los estudios reportados en la región (4, 8, 9, 10, 11,12).

Santuario: C.A. – Campo alegre; P.T. – pite tierra
La florida: C.Ab – con abono; S.Ab – sin abono.

El gel de *Aloe* presentó un índice de refracción de 1,3352 a 25°C con una D.E. 0,0003, este fue corregido a 20°C tomando como factor de corrección el del agua (0,0001) (el mucilago de *Aloe* es 98,5% agua) y se obtuvo un promedio de 1,3357 D.E. 0,0003 (ver anexo J). Su valor se aproxima al índice de refracción del agua (1,3330 a 20°C), ya que es el componente mayoritario en el gel; sin embargo la presencia de otros componentes en el mucilago como azúcares, sales minerales, compuestos fenólicos, vitaminas, aminoácidos, y demás, generaron un aumento en el valor del índice. Este se encontró dentro del rango 1,3333 – 1,3386 de los resultados obtenidos por otros estudios de la región (anexo L).

En cuanto a la determinación de grasa y fibra, los resultados obtenidos se compararon con los de Combia (Risaralda) y Montenegro (Quindío), y se encontró que el mucilago fue el de menor contenido en fibra (0,65% D.E. 0,225) y en cuanto al porcentaje de grasa (0,231% D.E. 0,0442) se encontró cercano a lo reportado (figura 41).

En teoría, la fracción lipídica del gel, está compuesta de colesterol, lupeol, campesterol y β -sitosterol, y de ácidos grasos como el γ -linolénico y el araquidónico (130). También por celulosa (ácido galacturónico, sustancias pécticas, polímeros), ligninas y polisacáridos, siendo estos los que componen su contenido en fibra bruta (57, 58, 66, 102, 133).

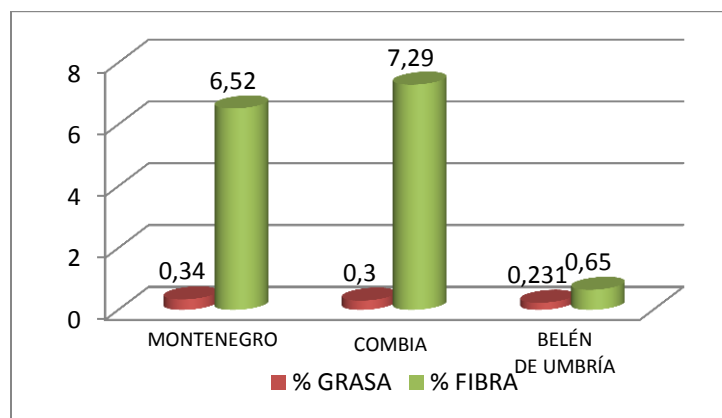


Figura 41. Comparación en el contenido de fibra y grasa, con los estudios reportados en el departamento de Risaralda y el Quindío (8, 9).

El contenido de proteínas del mucilago (0,041%) fue similar al obtenido en la Florida (sin abono 0,0399) (4), sin embargo, en comparación con los demás estudios, fue de los más altos contenidos en la región con Montenegro, Combia y La florida (4, 8, 10) (figura 42).

El contenido de nitrógeno es esencial para el crecimiento de la planta, puesto que forma parte de todas las células vivientes; además es el componente principal de vitaminas, sistemas de energía en la planta y aminoácidos que a su vez forman parte de las proteínas en la planta. El porcentaje de proteína estuvo en un nivel promedio de lo reportado por otros estudios (0,0023 – 0,064) (figura 42), este podría aportar a la calidad de la planta, ya que el *Aloe* contiene alrededor de 17 aminoácidos que la caracterizan, donde el aminoácido principal es la Arginina representando un 20% del total de los aminoácidos (58).

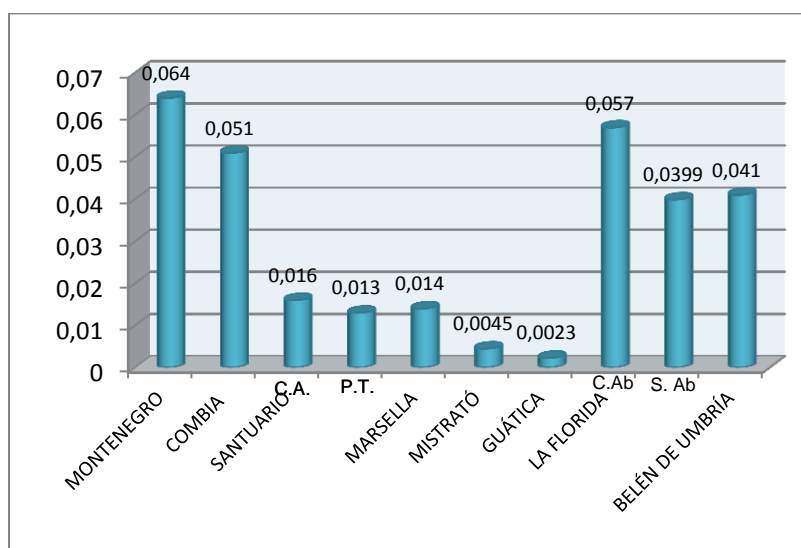


Figura 42. Comparación en el contenido de proteínas, con los estudios reportados en la región (4, 8, 9, 10, 11,12).

Santuario: C.A. – Campo alegre; P.T. – pite tierra
La florida: C.Ab – con abono; S.Ab – sin abono.

En síntesis, el mucilago de *Aloe vera* de la finca Hediales del municipio de Belén de Umbría, tuvo niveles normales, cercanos a los estudios reportados en la región, en los parámetros de pH, índice de refracción, humedad, proteína, grasa, y ceniza. Y en el contenido de fibra,

marcó la diferencia, siendo el de menor contenido con respecto a los estudios reportados por Combia en Risaralda y Montenegro en el Quindío (figura 41) (ver anexo D) (8, 10).

Según reportes internacionales acerca de estudios realizados al gel de *Aloe vera* en diferentes países, el pH, el índice de refracción, el porcentaje de humedad y de proteínas del gel de *Aloe vera* cultivado en Belén de Umbría tuvo niveles normales con relación a estos estudios, no obstante se distingue por su bajo contenido en cenizas, lo que indica el gel de *Aloe vera* en la región, respecto de los internacionales se encuentran bajos (59, 62,82, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131). Este bajo contenido podría perjudicar la calidad del gel del *Aloe vera*, dependiendo de su uso, debido a que el *Aloe vera* se caracteriza por tener un alto contenido en minerales (P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Cu, Fe, Zn, Mn) (59).

Los resultados tuvieron desviaciones estándares bajas, lo que indica que los datos son precisos y confiables para el análisis realizado. Sin embargo la comparación con otros estudios, es solo apreciativa, teniendo en cuenta que los cultivos de *Aloe vera* referenciados, se realizaron en diferentes condiciones, como el clima, la altitud, el suelo, en épocas diferentes, etcétera (130, 132).

7.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

El análisis microbiológico del mucilago de *Aloe vera* proveniente de la finca Hediales de Belén de Umbría, se realizó haciendo las pruebas de *Aerobios mesófilos*, *mohos y levaduras* y *coliformes totales y fecales (E. coli)* por triplicado, para tres muestras diferentes. Del análisis se obtuvieron los siguientes resultados consignados en la tabla 11:

<i>Aerobios mesófilos</i> UFC/g	<i>Mohos</i> UFC/g	<i>Levaduras</i> UFC/g	<i>Coliformes totales</i> NMP	<i>Coliformes fecales</i> (<i>E.coli</i>)
39 – 42	< 10	8 – 12	> 1100	Ausencia

Tabla 11. Análisis microbiológico realizado al mucílago de *Aloe vera* cultivada en la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbría.

En la actualidad, no existe una normativa que rija los criterios microbiológicos para el gel de *Aloe vera*, sin embargo, el mucilago se ha usado en el ámbito alimenticio, cosmético y medicinal (58, 134, 135). Teniendo en cuenta lo anterior, el sistema de clasificación de los alimentos del *Codex Alimentarius*, cataloga el *Aloe vera*, como una hortaliza (136), debido a esto, en el anexo N, se incluye la normativa correspondiente a hortalizas, frutas y productos derivados, según la *Comisión de las Comunidades Europeas* (137). Según la normativa establecida para los criterios de seguridad alimentaria, el gel de *Aloe vera* estudiado, cumple con los criterios de higiene para *E. coli* (ver anexo N).

Debido a que el gel de *Aloe vera* también ha sido utilizado en el ámbito cosmético, en el anexo B se incluye la normativa estipulada por el *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación* (ICONTEC) para la industria de cosméticos y de tocador (54). Teniendo en cuenta esta normativa, el gel cumple con todos los criterios de calidad exigidos como materia prima para cosmético en general, y para cosméticos de bebe y área de los ojos, ya que no propasó los límites establecidos para los *Aerobios mesófilos* y *mohos y levaduras* (tabla 11).

La *European Pharmacopoeia Commission*, es la encargada de establecer normas oficiales de referencia para el control de medicamentos en Europa, por ello, se adjunta en el anexo O, la normativa para la calidad microbiológica de los productos de plantas medicinales para el uso oral (138) y los criterios de aceptación de la calidad microbiológica de sustancias (no estériles) para el uso farmacéutico (anexo P) (139), ya que la planta de *Aloe vera* se usa en el campo medicinal, debido a sus diversas propiedades (57, 58, 59, 65, 66, 68,69, 70, 101). Según esta normativa, el gel de *Aloe vera* analizado cumple con los criterios de aceptación para la calidad microbiológica en los productos de plantas medicinales (no estériles) para el uso oral y para las sustancias (no estériles) para el uso farmacéutico (138, 139).

Además, se anexaron los criterios de la calidad microbiológica del gel de *Aloe vera* para uso medicinal externo, establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), teniendo en cuenta que es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas. De acuerdo a lo establecido por la OMS, el gel de *Aloe vera* no cumple con los criterios mínimos de calidad, debido a que propasa el límite para bacterias coliformes (≤ 10 UFC/g o ml), con > 1100 NMP, ver anexo Q (82).

El gel de *Aloe vera* como materia prima, se comparó con algunos criterios de calidad de las principales empresas proveedoras certificadas por la *International Aloe Science Council* (IASC) (96, 130). Según los parámetros de calidad del gel de *Aloe vera* producido por *Aloe trade*, el mucilago estudiado entra dentro de lo reportado por la empresa (ver anexo R) (97, 128). Sin embargo, según la calidad ofrecida por Terry Laboratories y MexiAloe Laboratorios S.A. de C.V., vistos en el anexo S y T, el gel de *Aloe vera* estudiado, no cumpliría como materia prima, ya que presenta bacterias coliformes (> 1100 NMP) y propasa los límites para *Aerobios mesófilos* y *Hongos* y *levaduras* (97, 131).

La contaminación por bacterias, se puede deber a la falta de medidas de higiene en el proceso de corte, transporte, almacenamiento y manipulación de la muestra. Además, el gel de *Aloe vera*, se puede clasificar como un alimento con alto riesgo de contaminación microbiana por su alto porcentaje de humedad, ya que generalmente bajo condiciones favorables de temperatura, tiempo y humedad, pueden experimentar el desarrollo acelerado de bacterias. Debido a lo anterior pudo presentar un alto contenido en bacterias coliformes, teniendo en cuenta que se presentan ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales (38, 83).

7.5. DISCUSIÓN GENERAL

Dadas las condiciones de altura, temperatura y precipitación del cultivo de *Aloe vera* en Belén de Umbría, se comprueba que la planta se adapta a vivir fácilmente en este tipo de hábitat, a pesar de que algunos factores como los regímenes de temperatura con bajas oscilaciones en el año (64, 67, 72, 86), y el alto contenido de humedad en el ambiente (86), puedan hacer vulnerable la planta al ataque de enfermedades (73). Sin embargo no se evidenció ninguna enfermedad ni plaga en el cultivo.

La textura y estructura del suelo de la finca Hediales ubicada en Belén de Umbría, benefician a cualquier tipo de cultivo, ya que es un suelo medio con una buena infiltración del agua y con un buen drenaje; estas características pueden ser atribuidas al contenido de humus que aporta la materia orgánica en el mismo (92).

La materia orgánica, puede influenciar factores del suelo, como su estructura y algunos minerales presentes. Factores como la capacidad de retención de agua, la infiltración y la porosidad del suelo, fueron mejorados por la materia orgánica. También se observó un bajo contenido en algunos nutrientes como el P, Mg y Ca, que se ven influenciados positivamente por esta; no obstante, este acto paradójico pudo presentarse por el pH ácido del suelo, provocando que el proceso de descomposición se ralentice y no aporte gran cantidad de nutrientes a este.

Un factor que pudo influenciar el pH del suelo, fue la alta pluviometría en el territorio, que hace que las bases sean lixiviadas y que los hidrogeniones (H^+), no permitan el intercambio con el Ca^{+2} y el Mg^{+2} ; esto se pudo evidenciar al obtener una baja cantidad en estos nutrientes (Ca $1,1 \pm 0,09$ meq/100g, Mg $0,5 \pm 0,05$ meq/100g) (17, 18, 22).

El desbalance entre Ca, Mg y K, fue otra razón por la cual, se pudo evidenciar un bajo contenido en Ca y Mg, ya que se presentó un alto nivel de K $0,48 \pm 0,05$ meq/100g en el suelo (tabla 8 y 9) (22). Además, el pH pudo influenciar en el bajo contenido en estos nutrientes y en el fósforo, ya que afecta su disponibilidad en el suelo (16, 17, 56).

Teniendo en cuenta que Mistrató fue la zona del departamento que tuvo las plantas con mas alto contenido en ingredientes activos, que le dan un alto valor agregado al gel de *Aloe vera*, se tomó como dato de referencia para la determinación de fertilidad del suelo, y se encontró que el suelo de Belén de Umbria, tenia diferencias significativas con un alto contenido en materia orgánica ($16 \pm 0,457913\%$), y baja cantidad en nutrientes como el Ca, Mg y P ($1,1 \pm 0,09$, y Mg $0,5 \pm 0,05$ meq/100g). Esto significa que aunque tiene un alto contenido en materia orgánica, esta no aporta cantidades apreciables de estos nutrientes; en cambio los suelos de Mistrató eran bajos en materia orgánica, pero ricos en algunos minerales como el Ca, Mg, K, y micronutrientes (Fe, Zn, Cu, B, y S), que aportan a la planta los nutrientes necesarios, para desarrollarse óptimamente y contribuir a la calidad del gel.

El bajo contenido en nutrientes en el suelo, influenció directamente en la baja cantidad de minerales presentes en el gel del mucilago de *Aloe vera* (59, 62,82, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 131), como se evidenció, con un 0,1388% D.E. 0,0638 en cenizas. Lo anterior, como se ha mencionado, es debido al pH ácido poco favorable (60, 63, 64, 72, 90), puesto que hace que algunos elementos no estén disponibles (poco asimilables y/o ausentes) para la planta, tales como el magnesio, calcio, fosforo, azufre, potasio, cobre, zinc, boro, molibdeno, y sodio (ver anexo U) (16, 17, 56).

Conociendo el contenido del mucilago de las plantas de *Aloe vera* cultivadas en Belén de Umbria, según los resultados obtenidos en las pruebas de índice de refracción, humedad, pH, proteínas y grasa se determina que se encuentran dentro de los rangos nacionales e internacionales; no obstante, el gel obtuvo un bajo contenido en fibra, según los referentes regionales y en cenizas, de acuerdo a los internacionales. El bajo contenido en cenizas puede afectar el valor agregado como insumo alimenticio u cosmético, ya que este se caracteriza por tener diversos minerales (66, 70). Sin embargo el mucilago de *Aloe vera* cumple con los mínimos estándares de calidad microbiológica como alimento (137), como insumo cosmético (54) y como insumo farmacéutico (138, 139), establecidos por la *Comisión de las Comunidades Europeas*, el *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)*, y la *European Pharmacopoeia Commission*. No cumple con los criterios de

calidad microbiológica del gel de *Aloe vera* para uso medicinal externo establecidos por la Organización Mundial de la Salud, debido a que propasa el límite para bacterias coliformes (82).

8. CONCLUSIONES

- Se encontró que el suelo de Belén de Umbría de la finca Hediales, cultivado por plantas de *Aloe vera*, contenía niveles altos en nitrógeno ($0,6\% \pm 0,457913$), materia orgánica ($16\% \pm 0,457913$), y potasio ($0,48 \pm 0,05$ meq/100g), y a su vez, niveles bajos en calcio ($1,1 \pm 0,09$ meq/100g), magnesio ($0,5 \pm 0,05$ meq/100g) y fósforo ($2 \pm 0,5998$ ppm). Se evidenció un desbalance entre las bases intercambiables, con un alto contenido en K y deficiencia en el contenido de Ca y Mg.
- El mucilago de *Aloe vera* cultivado en Belén de Umbría, presentó un pH = 4,61, catalogado como ácido; un índice de refracción de 1,3357 (D.E. 0,0003), 98,66% (D.E. 0,1778) de humedad, 0,1388% (D.E. 0,0638) de cenizas, 0,041% (D.E. 0,0017) de proteínas, 0,231% (D.E. 0,0442) de grasa y 0,231% (D.E. 0,225) de fibra. El pH, la humedad, el índice de refracción, la grasa y las proteínas del gel, se encontraron en un nivel promedio, sin embargo tuvo un bajo contenido en fibra y en cenizas.
- El mucilago de *Aloe vera* cumple con la normativa microbiológica, establecida para los criterios de seguridad alimentaria, correspondiente a hortalizas, frutas y productos derivados según la *Comisión de las Comunidades Europeas*.
- El gel *Aloe vera* cumple con todos los criterios de calidad exigidos como insumo cosmético en general, y para cosméticos de bebé y área de los ojos, según el *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación* (ICONTEC).
- Desde el punto de vista medicinal, cumple con los criterios de aceptación para la calidad microbiológica en los productos de plantas medicinales para el uso oral y para las sustancias de uso farmacéutico, establecidas por la *European Pharmacopoeia Commission*; pero no cumple con los criterios de calidad microbiológica del gel de *Aloe vera* para uso medicinal externo, establecidos por la Organización Mundial de la Salud, debido al alto contenido en bacterias coliformes.

9. RECOMENDACIONES

- Es recomendable cambiar el método de fertilización del cultivo, adicionar cloruros y sulfatos de Ca y Mg, para suplir la necesidad de estos nutrientes, que además de esto, pueden mejorar el pH del suelo. También suplir la deficiencia de P, con tripolifosfatos.

Otra recomendación, es evitar la proliferación de malezas y la inflorescencia en las plantas, retirándolas constantemente, ya que estos factores pueden provocar el contagio de enfermedades al cultivo y así mismo ocasionar grandes pérdidas. Cultivos intermedios como frijol que fija nitrógeno, plantas aromáticas que actúan como repelente y/o insecticida contra pulgones, nematodos entre otros, para un mejor desarrollo de la planta.

Por último, las hojas de *Aloe vera* exigen un extremo cuidado por la alta sensibilidad que esta posee a daños físicos, por ello es importante tener en cuenta, que en la producción debe haber una impecable asepsia por parte del cultivador, para preservarla de microorganismos patógenos y cumplir a cabalidad con todas las normas microbiológicas exigidas.

- Para futuros estudios microbiológicos con el *Aloe vera*, se recomienda tener en cuenta, las medidas de higiene necesarias, por parte del manipulador, en el corte, manipulación, transporte y almacenamiento de las hojas, evitando la contaminación y proliferación de microorganismos. El estudio se deberá realizar en el menor tiempo posible, evitando alteraciones en los resultados.
- Realizar estudios como el presente, en diferentes épocas del año, con el fin de observar las necesidades del suelo, y así mismo planificar un mejor sistema de fertilización para el cultivo, según sus deficiencias.
- Ante la creciente industria de *Aloe vera*, se recomienda crear un ente gubernamental que sea el encargado de certificar, controlar y establecer los criterios mínimos de calidad del gel de *Aloe vera* y sus productos.

10. BIBLIOGRAFIA

- (1) GUERRERO, G. Implementación del soporte técnico científico para fortalecer la cadena productiva del *Aloe vera* en Risaralda. Ficha de Proyecto. Grupo de investigación OLEOQUIMICA. Universidad Tecnológica de Pereira.
- (2) Kojo Eshum, Quian He. (2004). Critical Reviews In Food Science And Nutrition, Vol. 44, No. 2, pp 91-97.
- (3) Yagi A, Kabash A, Okamura N. (2002) Antioxidant, free radical scavenging and anti-inflammatory effects of *Aloe sin* derivatives in *Aloe vera* Faculty of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, Fukuyama University, Gakuen-cho, Japan Pp 60-957.
- (4) Guzmán, L.; Estudio bromatológico y microbiológico del mucílago de *Aloe veray* de fertilidad del suelo de los cultivos ubicados en el corregimiento de La Florida, municipio de Pereira, departamento de Risaralda. Tesis de tecnología química, Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2012.
- (5) Matías, M. La sábila se alista para ser industrializada. Agronegocios. Editorial El globo S.A.; N° 56; pp. 12 – 13, Mayo 2 de 2012. [Citado 2012-10-22] Disponible en:
<http://issuu.com/diario_larepublica/docs/agronegocios02052012>;
<<http://www.larepublica.co/node/9118>>
- (6) Gómez, S. Aprobado el Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos. octubre 12 de 2011. [Citado 2012-10-22] Disponible en:
<<http://www.portafolio.co/negocios/aprobado-el-tratado-libre-comercio-estados-unidos>>
- (7) Matías, M. Las primeras exportaciones se harán en agosto. Agronegocios. Mayo 2 de 2012. [Citado 2013-04-26] Disponible en:
<<http://www.larepublica.com.co/node/9117>>
- (8) VARON, J.; ALVAREZ, K.; Obtención de algunos parámetros de referencia del suelo y del mucílago del *Aloe vera* cultivado en el corregimiento de Combia municipio de Pereira Risaralda, Tesis de Tecnología Química, Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2007.
- (9) VARON, J.; ALVAREZ, K.; TORRES, J.; LOPEZ.Y.; GUERRERO, G. Obtención de algunos parámetros de referencia del suelo y del mucílago del *Aloe vera* cultivado n el

- corregimiento de Combia Risaralda y en el municipio de Montenegro Quindío. *Scietia et Technica*, año XIII, 33, mayo, 218-222, Colombia 2007.
- (10) TORRE, J.; LOPEZ, Y. Determinación de nutrientes en el suelo del cultivo de *Aloe vera* y análisis bromatológico al mucilago procedentes de la hacienda Nápoles en el municipio de Montenegro-Quindío. Tesis de Tecnología Química, Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2007.
 - (11) PULGARIN, G.; estudio bromatológico, microbiológico, foliar y de fertilidad de los suelos en los cultivos de *Aloe vera barbadensis miller* en tres fincas del departamento de Risaralda, Tesis de Tecnología Química, Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2010.
 - (12) HERNANDEZ, J.; GIRALDO, J.; Estudio bromatológico y microbiológico al mucilago de *Aloe vera* y fertilidad de los suelos de cultivos de los municipios de Guática y Mistrató del departamento de Risaralda, Tesis de tecnología química, Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2011.
 - (13) Suelos y fertilización, manuales para educación agropecuaria: Suelos y aguas. Editorial Trillas, México. 1990 (reimp. 2000).
 - (14) PRONATTA. El suelo, propiedades físicas – químicas, conservación. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria PRONATTA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Funach - aspplaguz. Proyecto de desarrollo tecnológico. Mocoa 2002.
 - (15) García, F. Hill, M. Kaplan, A. Ponce, J. Rucks, L. Propiedades Físicas del Suelo. Facultad de agronomía. Universidad de la república. Montevideo, Uruguay 2004.
 - (16) Manual de Fertilidad de los Suelos. Foundalio for Agronomic Research (FAR), Potash & Phosphate institute of Canada (PPIC), Programa de Diversificación Occidental (WDP)(Canadá), Potash & Phosphate Institute (PPI).(1° Impr en español 1988).
 - (17) Jaramillo, D. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias. Medellín. Colombia. 2002.
 - (18) León, C. Propiedades de los suelos. CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Imprecol S.A. Bucaramanga, Colombia 2000.
 - (19) Silva, Alfredo. La materia orgánica del suelo. [Citado 2013-04-26] Disponible en:

<<http://www.fagro.edu.uy/~edafologia/curso/Material%20de%20lectura/Materia%20Organica/organica.pdf>>

- (20) Cuesta, Pablo.; Villaneda, Edgar. El análisis de suelos: toma de muestras y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera.
- (21) Ramírez, A. El análisis de los suelos y su interpretación. Revista Ingenierías. Universidad de San Buenaventura N°3. Cali, Colombia 1999.
- (22) Palomino, A.; RinconE.; Guerrero, O.; Palomino, S. SUELOS. Desarrollo Endógeno Agropecuario. Nueva biblioteca del campo (17). Colombia, 2008.
- (23) Molina, E. Análisis de suelos y su interpretación. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica.
- (24) Imagen tomada online [Citado 2014-08-06] Disponible en:
<http://www.multiAloe.com/bucaramanga.com/red_multi_Aloe/red_multi_Aloe.pdf>
- (25) CARRILLO, I. Manual de laboratorio de suelos, CENICAFE, Chinchiná, Caldas, Colombia 1985.
- (26) Motta, B.; Rodríguez, C.; Montenegro, H.; Marulanda, J.; Correa, A.; Bendeck, M.; Métodos analíticos del laboratorio de suelos, 5 Ed. Instituto Geográfico "Agustin Codazzi". Bogotá, Colombia 1990.
- (27) A. Denigris. Determinación de fosforo reactivo suspendido o disuelto en aguas naturales y tratadas, aguas residuales domesticas e industriales, método espectofotométrico. DINAMA, Dirección Nacional de Medio Ambiente, Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente.
- (28) Castro, F. Análisis instrumental. Algunos métodos fotométricos. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia, Pereira 2010.
- (29) Douglas A. Skoog.; Stanley R. Crouch.; F. James Holler. Principios de análisis instrumental, sexta edición. Cengage Learning Editores. México2008.
- (30) Montoya, C.; Manual del laboratorio de análisis de alimentos, Facultad de tecnologías, Tecnología química, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia 2011.
- (31) FISCHER H. J.; HART, F. L.; Análisis Moderno de los Alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España 1971.
- (32) Masson, L.; Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Métodos de análisis para la determinación de nitrógeno y constituyentes

nitrogenados en alimentos, departamento de agricultura (Cap 14). Depósito de documentos de la FAO. [Citado 2014-11-12] Disponible en:

< <http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S16.htm>>

- (33) Romero, N.; Producción y manejo de datos de composición química de alimentos en nutrición. Métodos de análisis para la determinación de nitrógeno y constituyentes nitrogenados en alimentos departamento de agricultura (Cap 15). Depósito de documentos de la FAO. [Citado 2014-11-12] Disponible en:

<<http://www.fao.org/docrep/010/ah833s/AH833S17.htm>>

- (34) ESCOBAR, A.; VARELA, J.; Aprovechamiento de la harina de papa criolla (*Solanum phureja*) como sustituto parcial de la sémola de trigo en la formulación y elaboración de una pasta alimenticia tipo spaghetti. Universidad de la Salle, Ingeniería de alimentos. Bogotá 2008.[Citado 2014-11-12] Disponible en:

<<http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/10185/15591/1/T43.08%20E18a.pdf>>

- (35) MATISSEK, R.; SCHNEPEL, F.M.; STEINER, G. Análisis de los alimentos. Fundamento, métodos y aplicaciones. Zaragoza, España 1998.

- (36) Martelo, Y.; Cortés, M.; Restrepo, D.; Dinámica de impregnación al vacío en apio (*Apium graveolens* L.) y pepino (*Cucumis sativus* L.) Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Medellín, Colombia 2011. [Citado 2014-11-12] Disponible en:

<<http://revistas.unicordoba.edu.co/revistamvz/mvz-162/body/v16n2a17.html>>

- (37) Francisco, S.; JP SELECTA S.A. Engineering Department. Notas de aplicaciones. Determinación de proteínas por el método de Kjeldahl (A.O.A.C. Washington, D.C 1980), 2011.[Citado 2013-31-12] Disponible en:<<http://www.grupo-selecta.com/notasdeaplicaciones/analisis-alimentarios-y-de-aguas-nutritional-and-water-analysis/determinacion-de-proteinas-por-el-metodo-de-kjeldahl-kjeldahl-method-for-protein-determination/>>

- (38) RAMÍREZ A. L.S. Manual de Microbiología. Universidad Tecnológica de Pereira, Escuela de Química. Pereira, Colombia 2005.

- (39) Gobierno de Chile. Instructivo técnico para Recuento de Microorganismos Aerobios Mesófilos mediante Método Tradicional de Cultivo: A.O.A.C. Official Method 966.23.C.; A.O.A.C. 2000. Chapter 17, Subchapter 2: Chilled, frozen, precooked or prepared

foods, and nutmeats, Microbiological Methods, Official Method 966.23.C.

[Citado 2014-10-01]. Disponible en:

<<http://historico.sag.gob.cl/common/asp/pagAtachadorVisualizador.asp?argCryptedData=GP1TkTXdhRJAS2Wp3v88hB17Pf6lazkmAaTC9s9%2FJWY%3D&argModo=&argOrigen=BD&argFlagYaGrabados=&argArchivold=23280>>

- (40) Guía técnica Colombiana (GTC) 125. Guía de referencias de métodos horizontales de análisis microbiológicos para bebidas, alimentos y alimentos para animales. ICONTEC2005. [Citado 2013-31-12] Disponible en:

<<http://www.slideshare.net/LilianaLegardaArismendi/gtc125-normas-microbiologicas-de-alimentos>>

- (41) Maturín, I.; Peeler, J.; FDA - BAM: Aerobic Count Plate. Bacteriológico Analítico Manual. Capítulo 3. Recuento de placa aerobia. 2001. Método CountPlate Convencional. Procedimiento para el análisis de los alimentos congelados, refrigerados, precocidos o preparados [Citado 2014-29-01] Disponible en:

<<http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/LaboratoryMethods/ucm063346.htm>>

- (42) Pascual, M.; Calderón, V.; Pascual. Microbiología alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas. Segunda edición, editorial Díaz de santos, S.A. Madrid, España 2000.

- (43) ISO 7954:1987. Microbiology, General guidance for enumeration of yeasts and moulds, Colony count technique at 25 degrees C.

- (44) CANO, S. Consultora analista calidad. Métodos de análisis microbiológico. Normas ISO, une. Universidad Pamplona 2008.[Citado 2014-29-01] Disponible en: <<http://www.analizacalidad.com/docftp/fi148anmic.pdf>>

- (45) Tournas, V.; Stack, M.; Mislivec, P.; Koch, H.; Bandler, R.; U.S. Food and Drug Administration (FDA). BAM: yeasts, Molds and Mycotoxins, Bacteriological Analytical Manual, chapter 18. 2001.

- (46) Totorá, G.; Funke, B.; Case, C.; Introducción a la microbiología, novena edición. Editorial medica panamericana. Buenos aires, Argentina 2007.

- (47) SENA. Protocolo para análisis de NMP en alimentos. Laboratorio control ambiental análisis microbiológico.

- (48) MERK, Fluorocult® LMX Broth modified. Enrichment for the simultaneous detection of total coliforms and E.coli in water, food and dairy products by the fluorogenic procedure. Microbiology manual 12th edition. Alemania 2008.
- (49) OSSMER, R.: Simultaneous Detection of Total Coliforms and E.coli – Fluorocult LMX-Broth. - 15th International Symposium/FOOD MICRO 1993. The International Committee on Food Microbiology and Hygiene, Bingen/Rhine 1993.
- (50) Ministerio de salud. INVIMA. Manual de técnicas de análisis para control de calidad microbiológico de alimentos para consumo humano. Bogotá Colombia 1998.
- (51) GÓMEZ, A.; VALENCIA, G.; BRAVO, E. Como hacer un buen muestreo de suelos para análisis. CENICAFE, Avances Técnicos N°.132, Chinchiná Colombia 1986.
- (52) CARRILLO P., F.I.; Suárez V., S.; SANZ U., J.R. Como obtener una buena muestra para el análisis de suelos. CENICAFE, Avances Técnicos N°. 214, Chinchiná, Colombia 1995.
- (53) GÓMEZ, A.; BRAVO, E. Como tomar una buena muestra de suelos. CENICAFE, Avances Técnicos N°.64, Chinchiná, Colombia 1977.
- (54) NTC 4833. Industria de cosméticos y de tocador. Métodos de ensayo microbiológicos para productos cosméticos, primera actualización. ICONTEC, Bogotá 2004.
- (55) Simanca, M.; Durango, A. Microbiología de alimentos, guías de laboratorio Facultad de ciencias agrícolas, Programa de ingeniería de alimentos, Universidad de Córdoba. Montería, Colombia 2004. [citado 2013-03-18] Disponible en: <<http://www.slideshare.net/bado/guas-microbiologa-de-alimentos>>
- (56) Manual de pruebas químicas del laboratorio de análisis químico suelos y foliares de la Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. Disponible en medio magnético. 2000.
- (57) Conti, P. El Poder Curativo del *Aloe vera*. Ediciones Pluma y Papel. Buenos Aires, Argentina 2006.
- (58) VEGA G, Antonio; AMPUERO C, Nevenka; DIAZ N, Luis y LEMUS M, Roberto. El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*) como componente de alimentos funcionales. Rev. chil. nutr. 2005, vol.32, n.3pp. 208-214. [citado 2013-03-18] Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182005000300005&lng=es&nrm=iso>

- (59) FERRARO, GM. Revisión de la *Aloe vera* (*Barbadensis* Miller) en la dermatología actual. Rev. Argent. dermatol. [online]. 2009, vol.90, n.4 pp. 00-00. [citado 2013-03-18] Disponible en:
<http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2009000400004&lng=es&nrm=iso>
- (60) SABILA, *Aloe vera* (L.) Burm. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México; Comisión Nacional de las Zonas Áridas. Instituto Nacional de Ecología. 1ª ed. México 1994.
- (61) Matos, A.; Molina J.; Estudio citogenético en células radicales de *Aloe vera* L. Facultad Experimental de Ciencias. Departamento de Biología. Laboratorio de Citogenética. La Universidad del Zulia. Rev. Fac. Agron.14: 173-182. Maracaibo, Venezuela 1997.
- (62) Aguilera, O, M. Aquino, T, S. Candelas, C, M. Chew, M, R. Flores, E, A. Pérez, A, J. Ramírez, B, P. Descripción de la calidad fisicoquímica, microbiológica y nutrimental de jugo de sábila *Aloe vera varbarbadensis*). Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Juárez del Estado de Durango. Av. Artículo 123. México.
- (63) Schweizer, M.; APB.; *Aloe vera*, la planta que cura. Paris, Francia 1994.
- (64) Diaz J, A., Ávila L. M. Sondeo del mercado mundial de sábila (*Aloe vera*) Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia 2002.
- (65) Araneda, C.; Uso de *Aloe barbadensis* Miller (*Aloe vera*) por vía tópica en perros positivos a dermatofitos. Universidad Iberoamericana de Ciencias y Tecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Ciencias Agrarias y Forestales Departamento de Patología. Santiago de Chile 2005.
- (66) Stevens, N.; *Aloe vera*. 7a edición. Editorial SIRIO, S.A. España 2006.
- (67) Figueredo, C.; Morales, J.; Plan integral para la comercialización de *Aloe vera* en Colombia, Facultad de administración, Administración de negocios internacionales, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia 2010.
- (68) Morales, M.; *Aloe vera*, la planta de las mil caras y todas buenas. Su saeta ediciones, S.A. Tikal ediciones Campezo.
- (69) Ronald M. Shelton, MAJ, USAF, MC. *Aloe vera*, Its chemical and therapeutic properties. International Journal of Dermatology. Vol30 N°10, pp 679-683 1991.

- (70) Cadena Nacional Productiva de *Sábila*. Caracterización del gremio sabilero colombiano. 3th edición. Colombia, enero 2010.
- (71) De Sousa, A., Jorge, A., Ohep, M., Pérez, A., & Vielma, C. Plan de Negocios VitAloe C.A. Universidad Católica Andrés Bello. Caracas, Venezuela 2003.
- (72) Sánchez, P.; Algunas anotaciones a seguir para la siembra de la sábila *Aloe vera* L (B) con manejo orgánico destinado a la producción de gel en Colombia. Ortega, Tolima 2011.
- (73) Sánchez, P.; Anotaciones sobre las principales enfermedades que afectan el cultivo de la sábila *Aloe vera* L (Burm) en Colombia. Ortega, Tolima 2011.
- (74) Portillo, M.; Conozcamos un cultivo promisorio la Sábila. (Folleto) ASOMUCULSA, Asociación de Cultivadores de Sábila de Ortega, Tolima.
- (75) González, S.; Técnicas Apropriadas para Aplicar el Mulch. Traducción del original en inglés "Proper Mulching Techniques". ISA, International Society of Arboriculture, Universidad de Puerto Rico. Champaign, Illinois, USA.
- (76) Morales, R.; el cultivo de *Aloe vera*. Maracaibo, Venezuela 2010.
- (77) López, A. M. Porta, J. Roquero, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. tercera Edición. Madrid: Mundi-Prensa 2003.
- (78) Pedroza, A.; Gómez, F.; La Sábila (*Aloe spp*), Propiedades, manejo agronómico, proceso agroindustrial y de mercado. Universidad Autónoma de Chapingo, México 2006.
- (79) Hectáreas de sábila en Colombia, censo a 8 de septiembre de 2009. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Cadena Nacional Productiva de la Sábila.
- (80) Cadena productiva de la sábila Colombia. Acta de reunión preparatoria mesa de trabajo con empresas del gremio de cosméticos & aseo, afiliadas a la ANDI. Presentación *Aloe vera* Q.F., Ph.D. Pilar Luengas. Bogotá, 22 de abril de 2008.
- (81) Rowe TD, Park LM. Phytochemical study of *Aloe vera* leaf. Journal of the American Pharmaceutical Association, 1941, 30:262–266.
- (82) WHO – OMS (World Health Organization) Monographs on Selected Medicinal Plants Vol1. pp295, 1999. [Citado 2013-04-20] Disponible en: <<http://apps.who.int/medicinedocs/en/d/Js2200e/6.html#Js2200e.6>>
- (83) Instituto Nacional de Aprendizaje. Curso manipulación de alimentos. Los alimentos y los microorganismos. Cap 2, pp 9.

- (84) Quality control methods for medicinal plant materials. Geneva, World Health Organization, 1998.
- (85) ISO 6887 – 1:1999. Microbiology of food and animal feeding stuffs – preparation of test samples, initial suspension and decimal dilutions for microbiological examination- International standard. International Organization for Standardization. Suiza 1999.
- (86) CARDER. Perfil ambiental municipio de Belén de Umbría, Agenda ambiental municipal. Fundación LOAS a la tierra. Marzo del 2005. [Citado 2013-04-26] Disponible en:
<<http://www.carder.gov.co/intradocuments/webDownload/agendas-amb-copia-perfil-belen-de-umbria>>
- (87) Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. Boletín censo general 2005, perfil Belén de Umbría Risaralda. Bogotá, Colombia 2005. [Citado 2013-04-26] Disponible en:
http://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/66088T7T000.PDF
- (88) A. Lizcano, M.C. Herrera.; J.C. Santa marina. Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. Febrero 6 de 2006. Rev. Int. de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil. Vol. 6(2) pp 167-197. Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad de Los Andes. Bogotá, Colombia 2006.
- (89) Faría, G. A. Propuesta de la Mejor Ubicación para la Empresa Cosmética Cristal de Sábila Corporación, S.L. Para la Transformación de Derivados de *Aloe vera* en Productos Cosméticos. Universidad de Zaragoza. Zaragoza, España 2002.
- (90) García A.; Un sistema de interpretación del análisis de suelos basado en la concepción causa y efecto. VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo.
- (91) Burgos, A.; Herrera, V.; Velasco, F.; Espitia, M.; IGAC, Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. Estudio general de suelos, para fines agrícolas, de los municipios de Pereira, Marsella, Santa Rosa de Cabal, La Virginia, Belén de Umbría, Belalcazar, Anserma, Risaralda y Viterbo. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Bogotá, Colombia 1974.
- (92) PASOLAC. Guía Técnica de Conservación de Suelos y agua. Abono orgánico de pulpa de café. FUNICA, Fundación para el desarrollo tecnológico, agropecuario y forestal de Nicaragua. [Citado 2013-05-31] Disponible en
<http://www.funica.org.ni/docs/conser_sueyagua_02.pdf>

- (93) Navas, G.; CORPOICA, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Evaluación de tres variedades comerciales de papa criolla en sus características agroindustriales bajo el efecto del N-K en tres municipios del departamento de Antioquia. Escuela campesina de agricultores vereda Roblalito b – Sonson. Centro de Investigación La Selva. Rionegro Antioquia, Colombia 2009. [Citado 2013-06-07] Disponible en:
<<http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/MEMORIASAGROCIENCIA.pdf>>
- (94) Sanzano, Agustín.; El fósforo del suelo. Química del suelo. Cátedra de Edafología. Facultad de Agronomía y Zootecnia. Universidad Nacional de Tucumán. [Citado 2013-06-07] Disponible en:<<http://www.edafo.com.ar/Descargas/Cartillas/Fosforo%20del%20Suelo.pdf>>
- (95) Bertsch, Floria. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 2da edición. Universidad de costa rica, Vicerrectoría de Acción Social –Vicerrectoría de Investigación – Escuela de Fitotecnia. San José, Costa Rica 1987. [Citado 2013-06-07] Disponible en:
<http://books.google.com.co/books?id=tJz0G2oLs5gC&pg=PA5&lpg=PA5&dq=Manual+para+interpretar+la+fertilidad+de+los+suelos+de+Costa+Rica&source=bl&ots=34Iny6esmn&sig=JcRtrHho33rx_eyK--GPOS6YF4A&hl=es&sa=X&ei=ni79Uq34lcm5kQfvjICQDg&ved=0CCgQ6AEwAA#v=onepage&q=Manual%20para%20interpretar%20la%20fertilidad%20de%20los%20suelos%20de%20Costa%20Rica&f=false>
- (96) International *Aloe Science Council*. [Citado 2014-29-01] Disponible en:
<<http://www.iasc.org/Members.html>>
- (97) MexiAloe Laboratorios S.A. de C.V. México. [Citado 2014-29-01] Disponible en:
<http://www.mexiAloe labs.com/pdf/Aloe Vera01_Gel_1-1.pdf>
- (98) Instituto Colombiano Agropecuario. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. ICA Manual de Asistencia Técnica No. 25, pp. 1-26. Bogotá, Colombia 1992.
- (99) VEGA G., Antonio; MIRANDA, Margarita; ARANDA, Mario; HERNRIQUEZ, Karem; VERGARA, Judih; TABILO M, Gipsy and PEREZ W, Marío. Effect of high hydrostatic pressure on functional properties and quality characteristics of *Aloe veragel* (*Aloe*

- barbadensis* Miller). En: Food Chemistry 2011; Vol. 129, pp 1060-1065, ISSN 0308-8146.
- (100) The Complete Story of *Aloe vera*. The *International Aloe Science Council*, 1996-2002. [Citado 2013-09-10] Disponible en: <<http://www.iasc.org/Aloe.html>>
- (101) LOCATELLI, M.; TAMMARO, F.; MENGHINI, L.; CARLUCCI, G.; EPIFANO, F. and GENOVESE, S. *Anthraquinone profile and chemical fingerprint of Rhamnus saxatilis L. from Italy*. En: *Phytochemistry Letters*. November 2009; Vol. 2, pp 223-226
- (102) RIVERO, R., RODRÍGUEZ, E., MENÉNDEZ, R., FERNÁNDEZ, J., ALONSO, G., GONZÁLEZ, M. Obtención y Caracterización Preliminar de un Extracto de *Aloe vera* L. con Actividad Antiviral. Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM), Departamento de Productos Naturales. Rev Cubana PlantMed. 2002, Vol. 1, Ciudad de la Habana enero / abril 2002. ISSN 1028-4796.
- (103) INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE. Subdepto: Laboratorios del ambiente, sección química de alimentos. Determinación de humedad (Instituto Nacional de Normalización, NCh 841 of 78 y A.O.A.C. 15th Edition, 1990) PRT-701.02-023 Rev. N°: 0. [Citado 2013-28-12] Disponible en: <http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/HUMEDAD_en_estufa_de_aire.pdf>
- (104) Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. NMX-F-083-1986. Determinación de humedad en productos alimenticios. [Citado 2013-28-12]. Disponible en: <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-083-1986.PDF>>
- (105) Garcia, A.; Garfias, C.; Garibay, R.; Nicanor V.; Valdez, M.; Composición nutricional de la salsa elaborada con semilla de Huanacaxtle (*Enterolobium cyclocarpum*). Análisis bromatológico, determinación de cenizas totales y materia orgánica (A.O.A.C. 1975) pp. 14. Universidad autónoma metropolitana, 2012. [Citado 2013-31-12]. Disponible en: <<http://es.scribd.com/doc/95801258/25/Determinacion-de-cenizas-totales-y-materia-organica-AOAC-1975>>
- (106) Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. NMX-F-066-S-1978. Determinación de cenizas en alimentos. [Citado 2013-31-12]. Disponible en: <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-066-S-1978.PDF>>

- (107) Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. NMX-F-068-S-1980. Determinación de proteínas. [Citado 2013-31-12]. Disponible en: <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-068-S-1980.PDF>>
- (108) INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE. Subdepto: Laboratorios del ambiente, sección química de alimentos. Determinación de proteínas (A.O.A.C.13 th Edition, 1984, FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Food and Nutrition Paper 14/7 Roma, 1986). PRT-701.02-150 Rev. N°:0. [Citado 2013-31-12] Disponible en: <http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/Proteina.pdf>
- (109) Acuña, L.; Hernández, E.; Caracterización fisicoquímica de los genotipos de cacao CSS80, SUI32 y estudio de las variables que influyen en la etapa de tostado. Universidad Industrial de Santander. Facultad de fisicoquímicas. Bucaramanga, 2010.[Citado 2014-13-01] Disponible en: <<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6564/2/133251.pdf>>
- (110) CASALLAS, L.; Evaluación del análisis fisicoquímico del banano común (*Musa sapientum* L.) transformado por acción de la levadura *Candida guilliermondii*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Facultad de ciencias. Bogotá, D.C.
- (111) Hincapié, G.; Barajas, J.; Arias, Z.; Evaluación del secado por convección de la guayaba (*Psidium guajava* L.) variedad manzana. Facultad de Ingeniería Agroindustrial, Grupo de Investigaciones Agroindustriales (GRAIN) Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia 2011.[Citado 2014-13-01] Disponible en: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:COxukRtmDBwJ:revistas.upb.edu.co/index.php/investigacionesaplicadas/article/download/911/1474+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co>>
- (112) INSTITUTO DE SALUD PÚBLICA DE CHILE. Subdepto: Laboratorios del ambiente, sección química de alimentos. Procedimiento para determinar materia grasa (Método Soxhlet) A.O.A.C. 15th Edition, 1990) PRT-701-02-031. Rev N° 2. [Citado 2013-28-12] Disponible en: <http://www.ispch.cl/lab_amb/met_analitico/doc/ambiente%20pdf/GrasSoxhlet.pdf>
- (113) Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. NMX-F-089-S-1978. Determinación de extracto etéreo (método Soxhlet) en alimentos. [Citado 2014-10-01]. Disponible en:

<<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-089-S-1978.PDF>>

(114) Normas Mexicanas, Dirección General de Normas. NMX-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos. [Citado 2014-10-01]. Disponible en: <<http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-090-S-1978.PDF>>

(115) NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4491-1:2005-08-24. Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Preparación de muestras para ensayo, suspensión inicial y diluciones decimales para análisis microbiológico. Parte 1. Reglas generales para la preparación de la suspensión inicial y de diluciones decimales. Editada por ICONTEC 2005-09-05.

(116) East African Community, east African Standard. Edict of government. EAS 217-8 (2008) (English): Microbiology of food and animal feeding stuffs — General guidance for enumeration of yeasts and moulds — Part 8: Colony count technique at 25 degrees C [Citado 2014-29-01] Disponible en:

<<https://law.resource.org/pub/eac/ibr/eas.217.8.2008.pdf>>

(117) ICONTEC. NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 4132: 1997-05-28. microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias a 25 °C. Bogotá, D.C.

(118) ISO 4831:2006, Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms. Most probable number technique.

(119) East African Community, east African Standard. Edict of government. EAS 217-4 (2008) (English): Microbiology of food and animal feeding stuffs - Horizontal method for the detection and enumeration of coliforms - Part 4: Most probable number technique [Citado 2014-29-01] Disponible en:

<<https://law.resource.org/pub/eac/ibr/eas.217.4.2008.pdf>>

(120) Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA1-1994, Bienes y servicios. Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable. [Citado 2014-29-01] Disponible en:

<www.cofepris.gob.mx/MJ/Documents/Normas/112ssa1.pdf>

(121) Do Prado, L; da Veiga, M.; Deposito de documento de la Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. Erosión de suelos en América latina. Tema 2: Erosión y pérdida de fertilidad del Suelo. Oficina Regional para América Latina y el

Caribe. Santiago, Chile, agosto de 1992. [Citado 2014-29-01] Disponible en:
<<http://www.fao.org/docrep/t2351s/t2351s06.htm>>

- (122) HURTADO, ROA. JM. Colombia en el contexto mundial de producción de *Aloe vera*. Defining the Quality of *Aloe vera*: Accepting the Analytical Challenge. The 25th Annual IASC Scientific Seminar, Dallas, Texas. Ken Jones CSOAloe corp, Inc. 2006.
- (123) Gaurav, Kaithwas,; Kiran, Dubey,; Pillai, K. Effect of *Aloe vera* (*Aloe Barbadensis Miller*) gel on doxorubicin- induced myocardial oxidative stress and calcium overload in albino rats. Indian Journal of Experimental Biology. Vol. 49, April 2011, pp. 260 – 268. Departament of Pharmacology, Faculty of Pharmacy, Jamia Hamdard Univesity. New Delhi 110 016. India, 2010.
- (124) Miranda, M.; Vega, A.; García, P.; Di Scala, k.; Shi, J.; Xue, S.; Uribe, E. Effect of temperature on structural properties of *Aloe vera* (*Aloe barbadensis Miller*) gel and Weibull distribution formodelling drying process. Food and Bioproducts Processing 88 (2010) 138–144. The Institutions of Chemical Engineers. Published by Elsevier B.V. 2009.
- (125) Miranda, M.; Vega, A.; Maureira, H.; Rodríguez, K.; Influence of temperature on the drying kinetics, physicochemical properties, and antioxidant capacity of *Aloe vera* (*Aloe Barbadensis Miller*) gel. Journal of Food Engineering 91 (2009) 297–304. Elsevier Ltd. Chile, 2008.
- (126) Arteaga, M.; Moran, A.; Morgan, J.; Ramírez, A.; Estudio de prefactibilidad de una planta procesadora de extracto de *Aloe vera* liquido a partir de sábila *Barbadensis Miller*. Universidad autónoma metropolitana. Unidad iztapalapa. Procesadora de *Aloe vera* s.a. de c.v. México 2003. [Citado 2014-29-01] Disponible en:
<<http://148.206.53.84/tesiuami/UAMI11043.pdf>>
- (127) Acofarma distribución S.A. Fichas de información técnica. *Aloe vera* gel (1:1) sin pulpa. España. [Citado 2014-29-01] Disponible en:<
http://www.acofarma.com/admin/uploads/descarga/4042-e79c5d7b281fba3351e16cd514114a881cb59475/main/files/Aloe_vera_gel__1.1__sin_pulpa.pdf>

- (128) Aloe trade America LLC. Materias primas de *Aloe* para industrias [Citado 2014-29-01] Disponible en: <<http://www.Aloe trade.com.ar/Aloe trade/productos-de-Aloe /productos-de-Aloe -materia-prima-para-industrias>>
- (129) Bustamante, E.; Carrascal, L.; Estandarización de la Técnica Espectrofotométrica (UV-VIS) para la cuantificación de antraquinonas presentes en productos a base de *Aloe vera*. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química. Programa de Tecnología Química. Pereira, 2010. [Citado 2014-29-01] Disponible en: <<http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1800/1/54308520218B982.pdf>>
- (130) T, Reynolds.; A.C. Dweck.; *Aloe vera* leaf gel: a review update. Journal of Ethnopharmacology. Volume 68, issues 1–3, 15 december 1999, pages 3–37. Elsevier. [Citado 2014-29-01] Disponible en: <<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.utp.edu.co/science/article/pii/S0378874199000859>>
- (131) Quality *Aloe vera* extracts and concentrates. Technical bulletin, Terry Laboratories, LLC. *Aloe vera* leaf gel. Inci name: *Aloe Barbadensis* leaf wlg001, 7005 technology drive. Melbourne, Florida 32904.USA.[Citado 2014-29-01] Disponible en: <<http://www.terrylabs.com/Includes/UserFiles/PDFs/wlg001.pdf>. >
- (132) Y.T Wang.; K.J Strong.; Monitoring physical and chemical properties of freshly harvested field-grown *Aloe vera* leaves. A preliminary report. Phytotherapy Research, 7 pp. S1–S4 1993.
- (133) D. Turner.; KMYates.;I. Tizard .; Y.Ni. Isolation and characterization of structural components of *Aloe vera* L. leaf pulp. International Immunopharmacology. Future Trends in *Aloe* Therapeutics Volume 4, Issue 14, Pages 1745–1755. United States, Texas 2004.
- (134) Piña, H.; Perfil preliminar del mercado de la zábila (*Aloe barbadensis* Mill.) en el estado Falcón, Venezuela. Dpto. de Desarrollo y Producción Agrícola. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Apdo 7524. Bioagrovol 17 N°2: 85-92 2005.
- (135) Dominguez, R.;Arzate, I.; Chanona, J.; Welti, J.; Alvarado, J.; Calderón, G.; Garibay, V.; Gutiérrez, G.; *Aloe vera* gel: structure, chemical composition, processing, biological activity and importance in pharmaceutical and food industry. Revista

mexicana de ingeniería química, V. 11 N°1 23-432012. . [Citado 2014-29-01]
Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382012000100003&lng=es&nrm=iso>.

(136) Norma general del Codex para los aditivos alimentarios. Codex stan192 – 1995.Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) Sistema de clasificación de los alimentos, Anexo B. Adoptado en 1995. Revisión 1997, 1999, 2001, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.[Citado 2014-29-01]
Disponible en: <http://cienciaysalud.laverdad.es/lanutricionesconciencia/07-Modificaciones/Complementario/Aditivos_NormaCodex-1995.pdf>

(137) Reglamento (CE) N° 1441/2007 de la Comisión de las Comunidades Europeas de 5 de diciembre de 2007que modifica el Reglamento (CE) n° 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios. L 322/28 Diario Oficial de la Unión Europea (D.O.U.E.) 7.12.2007.DO L 338 de 22.12.2005, p. 1.[Citado 2014-29-01] Disponible en:

<<http://www.inti.gov.ar/lacteos/pdf/reglamento1441-2007.pdf>>

(138) 04/2010:50108.; 5.General texts.;5.1.8. Microbiological quality of herbal medicinal products for oral use. European Pharmacopoeia 7.0.pp519. [Citado 2014-29-01] Disponible en:<<http://180.168.103.34:7947/zl/EP7/50108E.PDF>>

(139) 01/2011:50104.; 5.General texts.;5.1.4. Microbiological quality of non-sterile pharmaceutical preparations and substances for pharmaceutical use. European Pharmacopoeia 7.0.pp507.[Citado 2014-29-01] Disponible en:<http://www.medicinalgenomics.com/wp-content/uploads/2013/04/CFU_Tolerance_European.pdf>

(140) Ing. Agr. Daniel Carreira. Carbono orgánico. Método de Walkley & Black. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA, Castelar). [Citado 2014-10-06] Disponible en:

<[http://64.76.123.202/site/agricultura/proinsa/04_Ronda%202010/_archivos/000003_In%20g.%20Agr.%20Daniel%20Carreira%20\(Carbono%20oxidable%20y%20Nitr%C3%B3geno\)/000008_Carbono%20oxidable%20-M%C3%A9todo%20de%20Walkley&Black-%20y%20en%20Nitr%C3%B3geno%20Kjeldahl%20\(Ing.%20Agr.%20Daniel%20Carreira\)%20-%20Resumen.pdf](http://64.76.123.202/site/agricultura/proinsa/04_Ronda%202010/_archivos/000003_In%20g.%20Agr.%20Daniel%20Carreira%20(Carbono%20oxidable%20y%20Nitr%C3%B3geno)/000008_Carbono%20oxidable%20-M%C3%A9todo%20de%20Walkley&Black-%20y%20en%20Nitr%C3%B3geno%20Kjeldahl%20(Ing.%20Agr.%20Daniel%20Carreira)%20-%20Resumen.pdf)>

- (141) Cruz, A.; Correlación del método de Kjeldahl con el método de combustión Dumas automatizado para determinación de proteína en alimentos. Instituto de ciencias básicas e ingeniería. Universidad autónoma del estado de Hidalgo. PACHUCA DE SOTO, HIDALGO, 2007.
- (142) VÉLEZ, M.; VILLA, N.; Identificación y cuantificación de antraquinonas y cromonas en plantas de *Aloe vera* cultivadas en municipios de Risaralda por cromatografía líquida de alta eficiencia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Química Industrial. Pereira, Colombia 2012.
- (143) Jiménez, I.; Trinidad, A.; Estudio comparativo por cromatografía líquida de alta eficiencia del producto de hidrólisis ácida de los polisacáridos del mucílago de *Aloe vera* (*Aloe Barbadensis Miller*) de diferentes cultivos del departamento de Risaralda, Colombia. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Química Industrial. Pereira, Colombia 2012.
- (144) Sánchez, F.; Ospina, L.; Estudio comparativo por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE) del contenido de vitaminas liposolubles (α -tocoferol y β -caroteno) en el mucilago de plantas de *Aloe vera* (*barbadensis miller*) cultivadas en diferentes municipios de Risaralda. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Química Industrial. Pereira, Colombia 2012.
- (145) Estupiñán, C.; Estudio comparativo del contenido de ácido ascórbico del mucílago de *Aloe vera* (*Aloe barbadensis miller*), entre diferentes cultivos del departamento de Risaralda, Colombia, por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE). Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Química Industrial. Pereira, Colombia 2012.

ANEXOS

Anexo A. Estándares del gel de *Aloe vera* establecidos por el programa de certificación del *International Aloe Science Council* (IASC) (122).

- According to the certification program established by the IASC, whole leaf aloe vera gel has the following standards:
- pH 3.5 to 4.7;
- Solids percent; 0.46 to 1.31
- Calcium 98.2 to 448 mg/l;
- Magnesium 23.4 to 118 mg/l;
- Malic acid 817.8 to 3427.8 mg/l (IASC, 1998b).
- To date, the IASC has certified, or has under certification, 16 raw materials produced from *Aloe vera* L. Additionally, the IASC has granted certification to 54 companies manufacturing 250 products being sold in 52 countries (IASC, 1997).

Anexo B. Recuento de microorganismos para el control de calidad de gel como insumo cosmético, según la NTC 4833 (54).

<i>Aerobios mesófilos</i>	<1000 UFC/g o ml
<i>Mohos y levaduras</i>	<100 UFC/g o ml *
<i>staphylococcusaureus</i>	Ausencia
<i>Enterobacterias (E.coli)</i>	
<i>Pseudomonassp (Pseudomonasaeruginosa)</i>	
<i>Candidaalbicans</i>	

* Cosméticos para bebe y área de los ojos.

ANEXO C. Cuadro comparativo de los suelos diagnosticados anteriormente del Eje cafetero (4, 8, 9, 10, 11, 12).

		%		PH	meq/100g				Ppm						
		M.O.	N		K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S
MONTENEGRO		5,7	....	4,97	0,86	22,3	2,3	....	11,1	....	....	....	....	....	....
COMBIA		10,7	0,42	5,5	0,54	12,6	2,65	....	8,75	....	....	....	....	....	....
SANTUARIO	CAMPO ALEGRE	5,3	0,2	5,5	3,7	8,1	2,5	0	1,5	199	48	5	4	0,02	23
	PITE TIERRA	23	0,7	5,2	0,22	2,65	0,8	0,2	2,5	145	7	8,5	2,5	0,08	10
MARSELLA		6,16	0,23	5,7	0,16	2,1	0,6	0,15	1	149	15	2,3	6,3	0,06	34
MISTRATÓ	INCLINADO	7,9	0,3	5,5	0,39	11,1	1,4	....	2	313	48	6	8	0,02	30
	SEMIPLANO	6,1	0,3	5,7	0,39	14,1	4,4	....	2	252	38	5	7	0,04	25
GUÁTICA		5,8	0,3	5,4	0,65	11,6	2,8	....	7	338	42	26	14	0,6	27
LA FLORIDA	CON ABONO	15,6	0,6	4,9	0,24	4,8	1,1	1	6	173	26	16	15	0,42	55
	SIN ABONO	10	0,4	5,1	0,13	3,3	0,5	0,8	26	125	18	9	9	0,05	36

ANEXO D. Cuadro comparativo de los estudios anteriormente realizados en el Eje Cafetero, acerca del contenido del mucilago de *Aloe vera* (4, 8, 9, 10, 11, 12).

CULTIVO		ND	PH	%										ppm				
				MATERIA SECA	HUMEDAD	CENIZAS	FIBRA CRUDA	GRASA	PROTEÍNA	k	Ca	Mg	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B
MONTENEGRO (sanas)		....	....	....	98,86	0,015	6,52	0,34	0,064	....	....	....	....	....	....	....	....	....
COMBIA (sanas)		....	....	....	99,12	0,0045	7,29	0,3	0,051	....	....	....	....	....	....	....	....	....
SANTUARIO	CAMPO ALEGRE	1,3366 a 25° C	5,53	0,87	99,13	0,353	....	....	0,016	0,053	0,073	0,016	0,01	3,3	1	4	5,33	4
	PITE TIERRA	1,3386 a 25° C	6,06	1,29	98,79	0,096	....	....	0,013	0,08	0,093	0,023	0,013	18,6	1,66	3,66	6,33	26,3
MARSELLA		1,3354 a 25° C	6,37	1,06	98,94	0,1	....	....	0,014	0,033	0,063	0,01	0,01	18,33	1	11	3,33	13
MISTRATÓ		1,3333 a 20° C	5,2	....	99,13	0,26	....	....	0,0045	0,09	0,04	0,02	0,02 ppm	11	4	13,33	8	....
GUÁTICA		1,3335 a 20° C	4,7	....	98,72	0,13	....	....	0,0023	0,16	0,04	0,01	0,02 ppm	25,5	2,67	44	9,67	....
LA FLORIDA	CON ABONO	....	4,9	....	99,06	0,04	....	....	0,057	0,25	0,07	0,01	0,01	5	3,5	3,5	2	5,5
	SIN ABONO (sanas)	....	5,133	....	99,013	0,156	....	....	0,0399	0,2	0,167	0,01	0,01	5,667	3,667	9	2,667	27

ANEXO E. Cuadro comparativo de los resultados del análisis foliar entre Santuario y Marsella con La florida (4, 11).

PÁRAMETRO	SANTUARIO		MARSELLA	LA FLORIDA		
	CAMPO ALEGRE	PITE TIERRA		Con abono	Sin abono	
					sanas	Con daños
Cenizas	15,57	18,4	12,3	19,228	17,902	16,483
Proteína	0,587	1,44	0,87	6,4068	5,7513	5,3808
K	0,78	1,9	0,7	2,253	1,84	0,4
Ca	5,12	5,39	2,8	4,433	4,333	1,033
Mg	0,68	0,88	0,44	0,837	0,69	0,857
P	0,056	0,206	0,11	0,087	0,12	0,14
Fe	12,7	3	2,33	11,667	11,33	13,33
Mn	16,3	17,6	12,33	67,667	58,667	37,333
Zn	12,6	17,6	13	34,333	44	37,667
Cu	5,33	3,33	3,66	3,667	4,333	6,333
B	12	26,67	15,33	28,333	40	26,333

ANEXO F. Cuadro comparativo de los resultados del análisis microbiológico realizado al mucilago de *Aloe vera*, de los estudios anteriormente realizados en el Eje Cafetero (4, 11, 12).

MICROORGANISMO		SANTUARIO		MARSELLA	GUÁTICA	MISTRATO	LA FLORIDA		
		CAMPO ALEGRE	PITE TIERRA				Con abono	Sin abono	
								sanas	Con daños
Aerobiosmesófilos		3000	2666	Ausencia	673 X 10 ³	2 X 10 ³	Ausencia	Ausencia	68000
Hongos		Ausencia	Ausencia	Ausencia	39 X 10 ³	85 X 10 ³	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Levaduras		1666	1000	283,3			1000	1000	20000
Coliformes	Totales	1100 NMP	150 NMP	15 NMP	≥2400	≥2400	Ausencia	9 NMP	240 NMP
	Fecales (E.coli)	Ausencia	Ausencia	Ausencia	....	....	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Sthapylococcusaureus		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Salmonella Sp		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Pseudomonaaeruginosa		Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	2000

ANEXO G. Análisis de suelos realizado en Belén de Umbría en 1974, según el IGAC (modificado).

Serie: CAJONES											
(Localización geográfica: sitio Cánones sobre la carretera que de Bélen conduce a Anserma, altitud 1670m) Suelos desarrollados a partir de ceniza volcánica, que descansan sobre material ígneo compuesto por granitos altamente meteorizados. Suelos profundos a muy profundos de relieve fuertemente ondulado a fuertemente quebrado, con pendientes 12-25-50%; de texturas medias a finas con fertilidad baja.											
				Complejo de cambio me/ 100g							
Profundidad cm	Textura	pH	Humedad %	CIC	Bases totales (Ca, Mg, K, Na)	Ca	Mg	K	Materia orgánica		P2O5 (Kg/Ha)
0 - 50	FL	5,6	9,9	31,7	2	0,7	1,3	0,04	%C	%N	7
50 - 80	FA	6,2	7,5	29,2	2,2	1,1	0,9	0,1	3,57	0,3	2
80 - 102	Ar	6	5,3	61,9	3,5	2,7	0,8	0,04	1,24		2
102 - 126	FArA	6,4	7,5	27,5	2,8	1,9	0,9	0,04	0,53		4
126 - 160	FAr	5,6	3,1	16,5	7,2	3,5	3,7	0,04	0,48		7
Serie: SANTA HELENA											
(Localización geográfica: 2500m al sur de Taparcá, altitud 1500m) Suelos derivados de cenizas volcánicas que descansan sobre material arcilloso de color rojo, proveniente de la alteración del material de basamento y consta de roca ígnea y metamórfica sin diferenciar. Suelos profundos con texturas medias finas y relieve fuertemente quebrado, pendientes de 25 y 50%; con erosión ligera y de fertilidad baja.											
0 - 30	F	5,2	8,7	33,5	2,9	1,3	1,3	0,3	4,2	0,34	7
30 - 55	F	5,6	8,7	24,1	1,9	1,3	0,4	0,2	1,9		9
55 - 85	Ar	5,4	4,2	14,3	5,8	4,2	1,5	0,04	0,31		2
85 - 115	FAr	5,8	7,5	22,4	2,7	2,2	0,4	0,04	1,18		4
115 - 145	Ar	5,2	5,3	12,8	5,9	4,6	1,3	0,04	0,21		2
145 - 185	Ar	5,4	5,3	14,7	7,6	5,3	2,3	0,04	0,1		7
Serie: TAPARCAL											
(Localización geográfica: vereda Santa Helena sobre la carretera, que de Taparcá conduce a Yarumal; altitud 1660m) Suelos integrados por ceniza volcánica que descansan sobre material ígneo, compuesto por cantos angulares, la cual se halla sobre un material de basamento. Son suelos aptos para agricultura, profundos, de texturas medias, con relieve fuertemente ondulado a fuertemente quebrado, en pendientes de 12-25-50%.											
0 - 20	ArA	4,9	4,7	20,9	16,2	6,3	9,6	0,1	2,67		9
20 - 40	Ar	5,1	4,2	24,6	10	6	3,8	0,1	1,04		2
40 - 87	FArA	5,3	5,3	32,4	12,8	8	4,6	0,1	0,84		2
87 - 150	Ar	5,1	3,1	18,6	13,4	7,8	5,6	0,04	0,21		4

F= Franco; Limoso Ar= Arcilloso, A= Arenoso.

ANEXO H. Clasificación para las relaciones entre bases intercambiables (Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, (Ca + Mg)/K)(95).

Relación	Desbalance	Balance	Desbalance
Ca/Mg	≤ 2	2,1 - 5	5 >
Ca/K	≤ 5	5,1 - 25	25 >
Mg/K	$\leq 2,5$	2,6 - 15	15 >
(Ca + Mg)/K	≤ 10	10,1 - 40	40 >

ANEXO I. Compuestos activos del mucílago de *Aloe vera* y sus características (57, 58 59, 66, 70).

Componente		Características
Ligninas		Sustancias abundantes en las células parenquimatosas del gel de <i>Aloe</i> , que se caracterizan por penetrar fácilmente la epidermis (66).
Saponinas		Son glucósidos que tienen propiedades antisépticas, y también actúan como agentes suavizantes (66).
Antraquinonas	Aloína, Barbaloina, Isobarbaloina, Antranol, Ácido Aloético, Ester del Ácido Clamínico, <i>Aloe</i> emodina, Emodina, Ácido Crisofánico, Resistanol y Antraceno (59).	Son potentes antibióticos con propiedades bactericidas, fungicidas y antiviricas, pero al mismo tiempo funcionan como analgésicos. También son conocidas por su efecto laxante (66, 70).
Minerales	Calcio, Fósforo, Potasio, Hierro, Sodio, Cloro, Manganeseo, Magnesio, Cobre, Cromo y Zinc	El <i>Aloe</i> contiene más de 20 sales. En cantidades infinitesimales mantienen el equilibrio y la salud del organismo (66, 70).
Vitaminas	Vitamina A, E, C, B1, B2, B3, B6, B9 y Colina	Son sustancias que el organismo no puede fabricar por sí mismo, por lo que deben estar incluidas en la dieta o en complementos vitamínicos. Tienen diversas funciones en el cuerpo para su óptimo funcionamiento (58, 66, 70).
Aminoácidos	(Lisina, treonina, valina, leucina, isoleucina, fenilalanina y metionina) y algunos aminoácidos no esenciales como la histidina, arginina, hidroxiprolina, prolina, glicina, alanina, tirosina, el ácido aspártico y glutámico (57, 66).	El <i>Aloe</i> contiene 7 de los 8 aminoácidos esenciales y algunos aminoácidos no esenciales (57, 66); sin embargo, el aminoácido principal es la Arginina representando un 20% del total de los aminoácidos (58). Estos se destacan por intervenir en la construcción y regeneración de los tejidos.
Enzimas	Alinasa, amilasa, catalasa, lipasa, oxidasa, cicloxigenasa, fostatasa alcalina y carboxipeptidasa (57, 59, 66).	Son un tipo especial de proteínas que producen y permiten cambios químicos en otras sustancias. Algunas funciones son la de ayudar en la digestión, la coagulación de la sangre, o participar del sistema antioxidante, como la catalasa (58)
Azúcares (monosacáridos y polisacáridos)	Acemanano, aldonentosa, arabinosa, celulosa, fructosa, galactosa, glucomanano, glucosa, manosa, xilosa, L-ranosa, Ácido urónico y sustancias pépticas (57, 66, 58).	Muchas de las actividades biológicas del <i>Aloe vera</i> , son atribuidas a los polisacáridos presentes en ella, como antiviral, antibacterial, antiinflamatoria, inmunomoduladoras, antiulcerativas, desinfectante, cicatrizante y antioxidante (58).

ANEXO J. Corrección del índice de refracción del mucílago de 25°C a 20°C.

Ensayo	Índice de refracción 25° C	Índice de refracción 20° C
Muestra 1	1,3350	1,3355
Muestra 2	1,3355	1,336
Muestra 3	1,3350	1,3355
Promedio	1,3352	1,3357
D.E.	0,0003	0,0003

ANEXO K. Efecto de la materia orgánica en algunas propiedades del suelo (17, 22).

Propiedad	Efecto
Color	Oscurece el suelo, aumentando la absorción de radiación y la temperatura del suelo, en consecuencia se aceleran los procesos químicos y microbiológicos del mismo.
Humedad	Incrementa la capacidad de retención de agua del suelo, mejorando la infiltración y evitando las pérdidas por evaporación; por ello se aumenta la actividad química y biológica del suelo.
Estructura	Mejora la aireación, la porosidad, la permeabilidad, la velocidad de infiltración, el drenaje y el desarrollo radicular; además, reduce la erosión del suelo.
CIC	Se incrementa, debido al número de grupos carboxilo (-COOH) y fenólicos (-OH) que se disocian al humus, adquiriendo cargas negativas; en consecuencia se reducen las pérdidas por lixiviación.
pH	Su valor disminuye al aumentar el contenido de humus, ya que está compuesto principalmente de ácidos orgánicos que producen la solubilización de Al^{+3} , y por consiguiente causa mayor acidez en el suelo.
Minerales	Al aumentar su descomposición se hacen disponibles para la planta N, P y S, y en menores cantidades otros como fósforo, magnesio, calcio, azufre y otros micronutrientes.
microorganismos	Suministra energía a los microorganismos.
Hidrofobicidad	Algunos compuestos orgánicos aumentan la capacidad hidrofóbica, alterando así, las relaciones hídricas, en el suelo.

ANEXO L. Cuadro comparativo de los índices de refracción de 25°C a 20°C, de los diferentes cultivos analizados de *Aloe vera* en la zona cafetera (4, 8, 10, 11, 12).

CULTIVO		Índice de refracción	
		25°C	20°C
santuario	CAMPO ALEGRE	1,3366	1,3371
	PITE TIERRA	1,3386	1,3391
	MARSELLA	1,3354	1,3359
	MISTRATÓ	....	1,3333
	GUÁTICA	....	1,3335
	BELEN DE UMBRÍA	1,3352	1,3357

ANEXO M. Análisis de fertilidad de suelos realizado al cultivo de Aloe vera en la finca Hediales, ubicada en la vereda Cantamonos del municipio de Belén de Umbria.



Universidad
Tecnológica
de Pereira



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA QUÍMICA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS
INFORME DE ENSAYO
Teléfono (6)3213295



Versión 02
Página 1 de 1

Código: LAS - TRE - F01

Vigencia: Junio de 2008

Solicitante JAZMIN VANESSA LOPEZ

Finca LA ESPERANZA

Tipo de muestra SUELO

Departamento RISARALDA

Tipo de análisis COMPLETO

Municipio BELÉN DE UMBRIA

Número de muestras 1

Vereda

Cultivo ALOE VERA

Teléfono

Fecha de ejecución del ensayo DICIEMBRE 5 AL 9

Fecha de impresión DICIEMBRE 9 DE 2011

de Registro 530

Fecha de registro NOVIEMBRE 29 DE 2011

#Registro	Lote	pH	N	M.O*	K	Ca	Mg	Al	P	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S	C.E	mmhos/cm	Textura
531	***	5.4	0.6	16.0	0.48	1.1	0.5	***	2	***	***	***	***	***	***	***	***	Franco Limoso

RELACIONES

#Registro	(K:Ca:Mg)	Mg/K	Ca/Mg	Ca/K	Ca/(Mg+K)	%C	%Min	Da	Dr	%Porosidad	Retencion Humedad (1/3atm)	Retencion Humedad (15atm)		
531	1	2	1	1.0	2.2	2.3	1.1	9.3	15.5	0.33	1.89	83	83	58

Min= %Mineralización
Da= Densidad aparente
Dr= Densidad relativa

METODOLOGIAS

Muestra seca a: 60°C durante 48 horas

pH Potenciométrico en agua (1:1)

*Materia Orgánica (M.O.) Walkley-Black Fotométrico

Fósforo (P) Bray II. Fotométrico

Bases (K, Ca, Mg, Na). Acetato de Amonio. Absorción Atómica

Aluminio Extracción KCl. Volumétrica.

**** Si pH > 6 = a 5.2

Menores (Fe, Mn, Zn, Cu) Acetato de Amonio + EDTA. Absorción Atómica

Boro (B) Extracción con Fosfato monocalcico. Azometina H. Fotométrico

Azufre (S) Extracción con Fosfato monocalcico. Turbidimétrico

Textura Al tacto

Solubles Pasta satura con agua. Absorción Atómica

Conductividad Eléctrica (C.E) Pasta satura con agua. Conductómetro

Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C) Volumétrica

*Los nombres de las muestras son asignados por los usuarios y aparecen escritas

este reporte, de igual manera

*El laboratorio se hará responsable del manejo de la muestra, una vez ingrese al mismo

*Los análisis fueron realizados en las condiciones ambientales del laboratorio

*Este resultado hace referencia única y exclusivamente a la muestra analizada.

*Este reporte expresa fielmente el resultado de los análisis realizados.

*No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto

cuando se haya obtenido previamente, permiso por escrito del cliente.

*Este reporte es confidencial entre el cliente y el Laboratorio de Suelos de la U.T.P

Coordinador Laboratorio de
Análisis de Suelos y Follares:
GERMAN ANTONIO MUNERA VELEZ

Acreditada Institucionalmente de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional

Certificada por Bureau Veritas en Gestión de la Calidad ISO 9001:2008 - Gestión Pública NTC GP 1000:2009

NIT: 891.480.035-9 - Apartado Aéreo: 097 - Tel. Conmutador: (57) (6) 313 7300 - Fax: 321 3206 - Portal web: www.utp.edu.co - Pereira (Risaralda) Colombia

ANEXO N. Criterios microbiológicos aplicables a hortalizas, frutas y productos derivados, según el reglamento de la *Comisión de las Comunidades Europeas* (137).

CATEGORÍA DE ALIMENTOS	<i>salmonella</i>	<i>E.coli</i>
1.1.9. Frutos y hortalizas troceadas	ausente en 25g	100 - 1000 UFC/g o ml*
1.20. Zumos de frutas y hortalizas no pasteurizadas		

*m – M

ANEXO O. Criterios de aceptación para la calidad microbiológica de los productos de plantas medicinales (no estériles) para el uso oral por la *European Pharmacopoeia* (138).

<i>Aerobios mesófilos</i>	≤50000 UFC/g o ml
<i>Mohos y levaduras</i>	≤500 UFC/g o ml
<i>E.coli</i>	ausencia en 1g
<i>salmonella</i>	ausencia en 25g

ANEXO P. Criterios de aceptación de la calidad microbiológica de sustancias (no esteriles) para el uso farmacéutico, establecidas por la *European Pharmacopoeia* (139).

Table 5.1.4.-2. – *Acceptance criteria for microbiological quality of non-sterile substances for pharmaceutical use*

	TAMC (CFU/g or CFU/mL)	TYMC (CFU/g or CFU/mL)
Substances for pharmaceutical use	10 ³	10 ²

TAMC - *Aerobios mesó fillos*. TYMC - *Mohos y levaduras*

ANEXO Q. Criterios de la calidad microbiológica del gel de *Aloe vera* para uso externo, establecidas por la OMS sobre Plantas Medicinales (82).

<i>Aerobios mesófilos</i>	≤100 UFC/g o ml
<i>Hongos y levaduras</i>	
<i>Enterobacterias</i>	≤10 UFC/g ml
<i>Staphylococcus</i>	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Ausencia

ANEXO R. Calidad del gel de *Aloe vera* como materia prima para uso en las industrias cosméticas, por *Aloe trade* (128).

<i>Aerobios mesófilos</i>	≤100 UFC/g o ml
<i>Hongos y levaduras</i>	
<i>coliformes/Patógenos</i>	Ausencia

ANEXO S. Calidad del gel de *Aloe vera* como materia prima para uso en diversas industrias, por laboratorios terry (131).

<i>Aerobios mesófilos</i>	<10 UFC/g o ml
<i>Hongos y levaduras</i>	
<i>Patógenos</i>	Ausencia

ANEXO T. Calidad del gel de *Aloe vera* como materia prima, por Mexi*Aloe* Laboratorios S.A. de C.V. (97).

<i>Aerobios mesófilos</i>	≤10 UFC/g o ml
<i>Patógenos</i>	Ausencia

ANEXO U. Efecto del pH sobre la solubilidad de algunos elementos que afectan el desarrollo de la planta (16, 17, 56).

Elemento	pH de máxima disponibilidad
N	6, 0 - 8, 0
P	5,6 - 6,6
K Y S	> 6
Ca y Mg	> 6,5
Fe	< 6,0
Mn	< 5,5
Cu y Zn	5,0 - 7, 0
B	5,0 - 7, 0 y > 9
Al	< 5,2
Na	> 8,5

ANEXO V. Fitopatógenos que atacan frecuentemente a la planta de *Aloe vera* cultivada en Colombia (73).

Patógenos	%	Frecuencia
<i>Fusarium spp</i>	76, 6	Alta
<i>Colletotrichumspp</i>	40	Media
<i>Pseudomonasspp</i>	33,3	Baja
<i>Pythiumspp</i>	20	Baja
<i>Alternariaspp</i>	16,6	Baja
<i>Curvulariaspp</i>	13,3	Baja
<i>Pestalotiaspp</i>	10	Baja
<i>Rhizoctoniaspp</i>	10	Baja
<i>Cladosporiumspp</i>	10	Baja
<i>Botryodiplodiaspp</i>	10	Baja
<i>Xanthomonasspp</i>	10	Baja
<i>Erwiniaspp</i>	6,6	Muy baja
<i>Cercosporaspp</i>	6,6	Muy baja
<i>Helminthosporiumspp</i>	3,3	Muy baja
<i>Phomaspp</i>	3,3	Muy baja
<i>Leptosphaeriaspp</i>	3,3	Muy baja
<i>Meloidogynespp</i>	3,3	Muy baja

ANEXO W. Propiedades de las partículas que componen el suelo (17).

Tipo de partícula	Propiedades
<p>Arena (2 – 0,05 mm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se pueden ver y separar fácilmente, si hay grandes cantidades o granos gruesos. ✓ Si se frota cerca del oído, se puede oír el ruido producido por la fricción entre los granos de arena. ✓ Si un poco de suelo se mezcla con agua y se frota se sentirá áspero y grueso, esta prueba permite diferenciar pequeñas cantidades de arena en la muestra. ✓ Si se humedece con poca cantidad de agua y se seca rápidamente al aire, se disgrega. ✓ Se deja moldear sólo en un rango muy estrecho de humedad. ✓ No presenta pegajosidad.
<p>Limo (0,05 – 0,002 mm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Su apariencia es suave y sedosa en estado húmedo y polvosa en estado seco. ✓ Al estrujar un poco de limo húmedo, se enrolla al secarse, dejando la superficie de la piel limpia. ✓ No es pegajoso y es muy poco plástico. ✓ No retiene la humedad por largos períodos de tiempo.
<p>Arcilla (< 0.002 mm)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Con un poco de agua en exceso, se siente jabonosa y resbaladiza. • Si se “amasa”, forma cintas y rollos finos, firmes y dúctiles, gracias a su plasticidad. • Al estrujarla humedecida aparece suave y lisa; a medida que se seca se adhiere a la piel. • La más adhesiva, cohesiva, pegajosa y plástica. • Retiene mucha humedad y se demora para secarse. • Cantidades pequeñas de arcilla son suficientes para impartir cualidades plásticas al suelo.

